Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. J. DEUTICKE
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · A. KÜHN · M. v. LAUE
H. MARTIUS · R. W. POHL · W. WEIDEL

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

46. JAHRGANG **HEFT 12** (ZWEITES JUNIHEFT) **1959**

INHALT

AUFSÄTZE Seite

Vom Leben der Trilobiten. Von A. Seilacher 389

KURZE BERICHTE

Das Maser-Prinzip. Von H.-J. Queisser 394

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN

Zur theoretischen Auflösungsgrenze von Prismen. Von J. Junkes S. J. 396

Spezifische totale Ionisation und Ionisierungsaufwand von 15-MeV-Elektronen in Luft und einigen anderen Gasen. Von B. Markus 397

Kinematographie der Bewegung von Gitterfehlern in Goldkristallen. Von H. Poppa und K. J. Schulze 398

Messungen an Einzelteilchen in Schwaden von atomtechnischen Versuchen. Von A. Sittkus 399

Der Sr^{90}-Gehalt verschiedener Graslandproben im Bundesgebiet in Abhängigkeit vom Sr^{90}-Gehalt der zugehörigen Böden. Von A. Sittkus und E. Welte 399

Darstellung von polymerem Phosphormonoxyd. Von H. Spandau und A. Beyer 400

Hydrolytischer Abbau von Actinomycinen. Von H. Brockmann und H.-S. Petras 400

Synthese neuer Coffeinderivate mit geringerer Giftwirkung und stärkerer Wirkung als Coffein. Von J. Klosa und H. Starke 401

Beitrag zur Kenntnis von Mutterkornalkaloiden. Von R. Voigt 401

Kaempferol from Flowers of Ervatamia Coronaria Stapf. Von M. O. Farooq, W. Rahman and M. Ilyas 401

The Behavior of Disulfide Bonds of Serum and Plasma Proteins in Alkaline Hydrolysis. I. Effect of Heatcoagulation. Von Z. M. Holló und Sz. Zlatarov 402

Über das bradykininbildende Prinzip des Bothrops-Giftes. Von Ch. Contzen, P. Holtz und H. W. Raudonat . . . 402

Die Ausscheidung der Estersulfate bei Ratten. Von H. Boström und A. Vestermark 402

Seite

Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Ringfleckenviren von Kulturkirschen und krautigen Pflanzen. Von G. Follmann und R. Bercks 403

Über die Wirkung von Desoxycholsäure auf das Virus der myeloischen Leukämie der Maus und das Rous-Sarkom-Virus. Von H. Bielka und A. Graffi 404

Die Beeinflussung von Mitosen durch phosphororganische Verbindungen. Von H. Siering 404

Vergleich des Phosphatumsatzes embryonaler und adulter Organe in vitro. Von H. Wrba und H. W. Kalb 405

Über Dehnung der Kammerwand des Froschherzens als Ursache der Kontraktion. Von N. Postma 405

Hemmstoffe aus quellenden und keimenden Samen von *Vicia villosa* Roth. Von K. Voderberg 406

Wachstumsförderung bei *Melilotus albus* durch schwache Neutronenbestrahlung trockener Samen. Von A. Micke . . . 407

The Induction of Parthenocarpic Development in *Rosa* by Auxins and Gibberellic Acid. Von G. A. D. Jackson und M. V. Prosser 407

Die Wirkung von Gibberellinsäure auf Entwicklung, Stickstoff- und Nucleinsäure-Gehalt von *Streptocarpus Wendlandii*. Von D. Hess 408

Auslösung der Chloroplastendrehung bei *Mougeotia* durch UV-Strahlung. Von W. Haupt, F. Mugele und D. Müller 409

High-Fat Diet and Mast Cell Count in Myocardium of some Teleosts. Von A. Stolk 409

Balanus improvisus (Darw) auf Gummi und Kunststoffen. Von H.-J. Subklew 410

Untersuchungen am Saugakt von Aphis fabae Scop. mit ^{32}P. Von E. Hennig 410

Kern-Plasma-Relation und Unterschiede in der Eistruktur bei Drohne und Arbeiterin der Honigbiene (Apis mellifica). Von F. Seidel und E. Reinhardt 411

BESPRECHUNGEN

Van der Waerden, B. L., Mathematische Statistik. (Ref.: J. Bartels) 412

W. Herzog, Oszillatoren mit Schwingkristallen. (Ref.: K. Tamm) 412

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Euchen*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau", begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein*, *V. Meyer*, *B. Schwalbe*, *W. Sklarek* u.a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften (bis 1948 Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft).

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung und jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Für Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 12.— DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anschrift der Redaktion:
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3, Fernsprecher 830301) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Redaktionelle Hinweise

I. Allgemeines

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Ange zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen engbegrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z.B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Jennerstr. 21, Tel. 59717.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterungen des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildung von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Grundriß der Entwicklungsgeschichte des Menschen

Von Professor Dr. Otto Grosser †. Fünfte Auflage, neu bearbeitet von Professor Dr. Rolf Ortmann, Frankfurt a. M. Mit 200 Abbildungen. V, 176 Seiten Gr.-8⁰. 1959.

Steif geheftet DM 19.80

Inhaltsübersicht: Einleitung und Bemerkungen zur embryologischen Technik · Keimzellenbildung und Befruchtung · Frühentwicklung und Placentation · Organentwicklung: Haut, Nervensystem und Sinnesorgane · Atmungs- und Verdauungstrakt · Urogenital-, Kreislauf- und Bewegungsapparat · Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

46. Jahrgang Heft 12 (Zweites Juniheft) 1959

Vom Leben der Trilobiten

Von ADOLF SEILACHER, Frankfurt a. M.

In der *Paläontologie* als der Wissenschaft von den vorzeitlichen Lebewesen muß stets aus zufällig erhaltenen Resten das Ganze rekonstruiert werden: Aus einzelnen Knochen das ganze Skelett, aus den meist ausschließlich überlieferten Hartteilen das ganze Tier, aus einzelnen Fossilien eine ganze Fauna und Flora samt ihrem Lebensraum. Geradezu detektivische Methoden sind vollends erforderlich, um aus den fossilen Resten nicht nur die Organisation, sondern auch die Lebensweise der betreffenden Tiere abzulesen — zumal wenn es sich um Vertreter völlig ausgestorbener systematischer Gruppen handelt.

Eine solche Gruppe bilden die *Trilobiten*[1]), deren Reste ganz auf paläozoische Gesteine beschränkt sind und als Leitfossilien vor allem im Altpaläozoikum eine wichtige Rolle spielen. Meist findet man nur die Rückenpanzer oder deren Teile: Kopfschilder, Rumpfsegmente und Schwanzschilder. Aber in seltenen Ausnahmefällen sind auch Antennen und Schwanzanhänge (Cerci) und vor allem die zarten Extremitäten fossil überliefert. Es sind stets Spaltbeine mit einem inneren Schreitfuß und einem federförmigen Außenast. Dieser setzt schon am ersten Beinglied an (Präpipodit) und ist daher mit dem Exopoditen des Krustazeenfußes nur funktionell vergleichbar [7]. Es handelt sich also nicht um Krebse, sondern eher um Verwandte der Skorpione und Spinnen. Die Trilobiten blieben ganz auf das Meer beschränkt, aber sie haben dort sicher verschiedenste biologische Nischen ausgefüllt, welche heute von anderen Tiergruppen eingenommen werden.

Um die Lebensweise fossiler Tiere im einzelnen zu ermitteln, lassen sich drei verschiedene Forschungsrichtungen einschlagen, die von verschiedenem Material und verschiedenen Beobachtungen ausgehen und sich gegenseitig ergänzen: Ökomorphologie (Anpassungskunde), Biostratinomie (Einbettungskunde) und Palichnologie (paläontologische Spurenkunde).

1. Die *Ökomorphologie* wertet morphologische Merkmale nicht nach ihrer systematischen, sondern nach ihrer ökologischen und ethologischen Bedeutung. In solcher Betrachtung erscheint die übereinstimmende Gestalt von Fisch, Ichthyosaurier und Wal nicht als verwirrende Konvergenz, sondern als Ausdruck gleichartiger Fortbewegung in einem gleichartigen Medium. Im gleichen Sinne lassen sich die flachen und breit ausladenden Kopfschilder der typischen Trilobiten, der Limuliden (Pfeilschwanzkrebse) und gewisser Phyllopoden (Blattfüßler: *Triops*), ja selbst die ähnlichen Kopfformen mancher Rochen und ausgestorbener Panzerfische (Cephalaspiden) miteinander vergleichen und als Anpassung an das Bodenleben deuten, zumal auch die Augen bei allen nach oben gerichtet sind (Fig. 1, A—C und Fig. 2, D). Danach lebte also das Gros der Trilobiten benthonisch, d.h. am Grund des Meeres kriechend, liegend oder wühlend.

[1]) Trilobiten = ausgestorbene Gruppe der Gliederfüßler. Der Name bezieht sich auf die Dreigliederung des Rückenpanzers in Längs- und Querrichtung.

Abweichungen vom einfachen Schildtyp sind be Trilobiten ziemlich selten und deuten auf eine abweichende Lebensweise. Seitliche Stellung und kräftige Ausbildung der Augen könnte mit freiem Schwimmen, sekundäre Erblindung umgekehrt mit dauerndem Aufenthalt im Schlamm oder in lichtlosen Tiefen zusammenhängen. Ferner hat man stark bestachelte

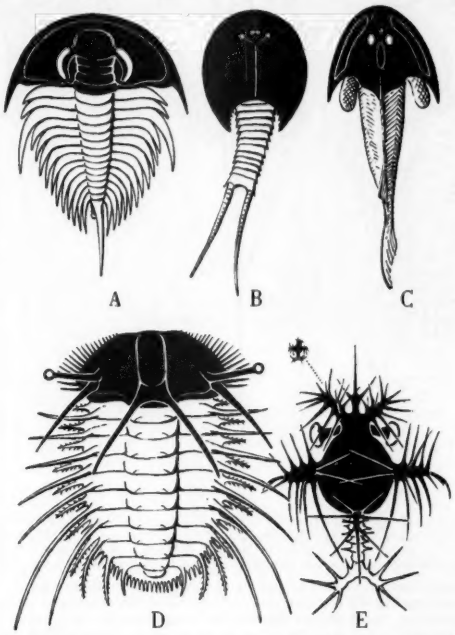


Fig. 1 a—e. Anpassungstypen. A—C: Normaler Kriechtyp mit breitem Kopfschild (schwarz) und rückenständigen Augen. A *Olenellus* (Unterkambrium) als Beispiel eines wenig differenzierten Trilobiten. Die hintersten Rumpfsegmente sind noch nicht zu einem Schwanzschild verschmolzen, tragen aber einen „Schwanzstachel". $^1/_3$. B Phyllopoder Krebs (*Triops cancrifirmis*, seit der Obertrias bis heute artlich unverändert!) mit dem Rumpf nach hinten überdachenden Kopfschild. $^3/_2$. C Primitiver, kieferloser Fisch (*Cephalaspis*, Silur-Devon). $^1/_4$. D—E: D Extrem bestachelter Trilobit (*Acidaspis*, Devon), in Analogie zu heutigen Plankton-Tieren (E) meist als Schwebeform gedeutet. Natürliche Größe. E Ähnliche Bestachelung als Schwebeeinrichtung einer heutigen planktonischen Krebslarve. Rechts 10×, links darüber natürliche Größe, um den Unterschied gegenüber den Trilobiten zu zeigen. (Extremitäten in allen Zeichnungen weggelassen)

Trilobiten oft mit rezenten Plankton-Krebsen verglichen, bei denen groteske Bestachelung das Schweben erleichtert (Fig. 1, D und E). Aber der Vergleich hinkt, wenn man die Größenverhältnisse berücksichtigt. Die planktonischen Copepoden bleiben im Millimeterbereich. Andere Krustazeen besitzen Schwebestacheln nur im Larvenstadium und verlieren sie beim Erreichen einer gewissen kritischen Größe. Ihr Körper wird dann zu schwer, um sich durch bloßen Reibungswiderstand im Wasser schwebend zu erhalten, und sie gehen entweder zum Bodenleben über, oder sie müssen durch aktive Schwimmbewegungen dem Absinken entgegen wirken. Stacheln würden in diesem

Stadium nur das Schwimmen erschweren, und dasselbe galt wohl auch für die fraglichen Trilobiten, die mit mehreren Zentimetern Größe sicher das für planktonische Arthropoden zulässige Maß weit überschritten hatten.

Leider sind Anpassungsmerkmale selten eindeutig. Zum Beispiel kommen den Schwebestacheln der Planktonten zum Verwechseln ähnliche Bildungen als Schutzeinrichtungen sogar bei Landtieren vor. Auch die Gestalt der Trilobiten-Schwanzschilder erlaubt keine sichere ökologische Beurteilung. So sollten stachelförmig ausgezogene Schwanzschilder auf grabende Lebensweise deuten [6]. Aber der zum Vergleich herangezogene „Grabstachel" von *Limulus* (Fig. 2, D) wird beim Graben gar nicht eingesetzt. Ebensowenig lassen sich plattenförmige Schwanzschilder als Schwimmorgane deuten, denn dazu fehlte nach RICHTER [4] sowohl die morphologische Grundlage als auch die entsprechende Muskulatur.

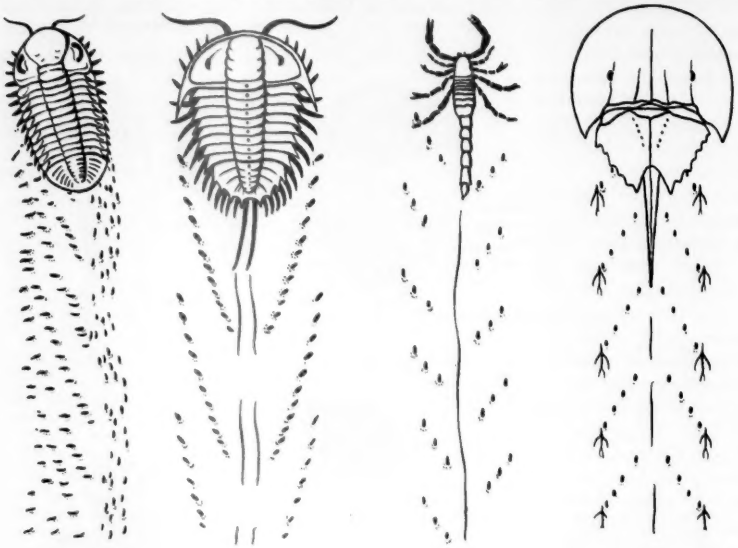


Fig. 2 a—d. Schreitfährten verschiedener Arthropoden. A *Trilobit im Schräg-Gang* hinterläßt un symmetrisch versetzte Trittserien (Fährte aus den devonischen Bundenbacher Schiefern, Hunsr. 2/3). B *Trilobit im Gerade-Gang* hinterläßt symmetrische, V-förmige Trittserien, welche normalerweise dicht gedrängt, hier aber durch ruckweises Abstoßen isoliert erscheinen. Schleifsiegel der Schwanzanhänge in alternierendem Rhythmus unterbrochen (ergänzte Fährte aus dem Unterkambrium des Grand Canyon, 1/2). C *Skorpione* erzeugen alternierende Trittserien mit einfacher Schleifspur. D *Limulus* hinterläßt symmetrische Trittserien in pfeilförmiger Anordnung (entsprechend der Beinstellung) und rhythmisch unterbrochene Schleifspur des Schwanzstachels. Trittsiegel des hintersten Beinpaares nach Form und Stellung von den übrigen abweichend (morphologische und funktionelle Heteropodie)

Solche Beispiele zeigen, daß ökomorphologische Vergleiche sehr kritisch beurteilt werden sollten. Nichtsdestoweniger bilden sie eine wichtige Ergänzung der übrigen paläökologischen Untersuchungsmethoden.

2. Die *Biostratinomie* untersucht die Fossilien nicht als selbständige morphologische und biologische Gestalten, sondern als Bestandteile eines fossilen Sedimentes, dessen Zusammensetzung und Struktur über Lithotop und Biotop Auskunft gibt — sofern Lebensraum und Einbettungsraum der Fossilien überhaupt zusammenfallen. Bei Trilobiten gilt eine bestimmte Häutungslage („Saltersche Einbettung") der getrennten Panzerteile als sicherstes Kennzeichen für ortsständige (autochthone) Einbettung. Wenn dagegen gewisse dunkle Schiefer sich allgemein durch das Fehlen benthonischer Tierformen und ihrer Spuren auszeichnen, so könnten auch darin auftretende Trilobiten ein schwimmendes oder treibendes Leben geführt haben, um erst nach dem Tode auf den lebensfeindlichen Grund hinabzusinken.

3. Die *Palichnologie* geht nicht von fossilen Körperresten, sondern von Lebensspuren aus. Sie tritt schon dadurch nur ergänzend neben Ökomorphologie und Biostratinomie, daß die planktonisch im Wasser schwebenden und nektonisch schwimmenden Tiere im Sediment normalerweise keine Fährten hinterlassen und daher ichnologisch gar nicht erfaßbar sind. Die Lebenstätigkeit des Benthos dagegen ist in den Spuren unmittelbar registriert und läßt sich danach bis in Einzelheiten rekonstruieren.

Die Zuordnung zu einer bestimmten Tiergruppe, sonst bei Spurenfossilien eines der schwierigsten Probleme, ist im Falle der Trilobiten-Spuren ziemlich klar. Es gibt nämlich im Kambrium und auch später noch kaum andere Arthropoden, die nach Verbreitung, Größe und Organisation als Erzeuger der im folgenden besprochenen Spurentypen in Frage kommen. Da jedoch eine weitergehende Unterscheidung einzelner Familien oder gar Gattungen nach den Spuren bis jetzt noch nicht möglich ist, wird hier stets von den Tätigkeiten der benthonischen Trilobiten im allgemeinen die Rede sein.

a) Kriechen

Wollte man durch wiederholtes Aufsetzen eines starr bebeinten Trilobiten-Modells im Sand eine künstliche Trilobiten-Fährte erzeugen, so müßte diese ungefähr der Fig. 2 B entsprechen. Bei jedem Aufsetzen entstünde ein Trittserien-Paar, das sich — der Stellung der Beinspitzen am Körper entsprechend — nach vorn V-förmig öffnet.

Tatsächlich scheint die der Zeichnung (2 B) zugrunde liegende Originalspur auf ähnliche Weise entstanden zu sein. Nur entspricht jede Trittserie hier nicht einem *gleichzeitigen* Aufsetzen aller Beine, sondern einer die Beinreihe entlanglaufenden *Bewegungswelle*. Dies und sogar die Richtung dieser Welle läßt sich aus der Spur ohne Schwierigkeit ablesen. Würde nämlich das vordere Beinpaar jeweils zuerst aufsetzen und sich vom Boden abstoßen und die Bewegung sich dann nach *hinten* über die Beinreihe fortpflanzen, so würde jede Schrittlänge um die gleichzeitige Körperbewegung verkürzt. Die Trittserien müßten gegenüber der Anordnung der Beinspitzen am Körper zu kurz, der von ihnen eingeschlossene Winkel zu stumpf erscheinen.

In Wirklichkeit zeigten alle bisher untersuchten Triboliten-Fährten ein umgekehrtes Verhalten: die Trittserien erscheinen in die Länge gezogen und bilden einen viel zu spitzen Winkel. Die Bewegungswelle lief

also von hinten nach vorne am Körper entlang, so wie wir das heute z.B. beim Tausendfüßler kennen.

Damit hängt auch zusammen, daß in der Fig. 2B die intermittierenden Eindrücke der paarigen Schwanzanhänge nicht hinter, sondern jeweils *zwischen* zusammengehörigen Trittserien liegen. Sie berührten den Grund immer erst dann, wenn die Bewegungswelle schon zu den vorderen Beinen fortgeschritten war und das Hinterende heruntersank. Die Schwanzschleifspur entstand also jeweils erst nach den auf gleicher Höhe liegenden Trittsiegeln und setzte aus, sobald die nächste Bewegungswelle die Hinterbeine ergriff und das Hinterende wieder hochgehoben wurde.

Die eben besprochene Fährte stellt einen seltenen Ausnahmefall dar. Normalerweise folgten die Wellen viel dichter aufeinander. Die Trittserien liegen dann so dicht ineinandergedrängt, daß man sie in dem Gewirr von Eindrücken kaum mehr unterscheiden kann. Das gilt besonders, wenn bei raschem Gang nur noch die vorderen, d.h. längeren und stärker fördernden Beinpaare eingesetzt wurden und das Hinterende dauernd auf den Cerci wie auf Kufen nachglitt, was dem ganzen Körper zugleich eine gewisse Führung verlieh. Im übrigen sind derartige Schwanzschleifspuren bisher nur von kambrischen Trilobitenfährten bekannt. Das deckt sich gut mit der Tatsache, daß von allen Trilobitenfunden mit Gliedmaßen-Erhaltung ebenfalls nur die kambrischen (*Neolenus*, vgl. Fig. 2B) entsprechende Schwanzanhänge (Cerci) aufweisen. Sehr häufig sind die Trilobiten aber auch in einem spitzen Winkel *schräg* zur Körperachse gekrochen. So entstandene Fährtenzüge sind besonders aufschlußreich, weil die von der nachhinkenden Flanke erzeugten Trittsiegel weiter auseinander rücken und die Zahl der jeweils eingesetzten Beinpaare erkennen lassen. Darüber hinaus erleichtern sie aber auch das Verständnis der nun zu besprechenden komplizierteren Weidespuren.

b) Weiden

Die eben beschriebene Schreitbewegung kam offenbar den meisten Trilobiten zu, denn entsprechende Fährten sind vom Kambrium bis ins Devon weit verbreitet. Die folgenden Fährtentypen dagegen fanden sich bisher nur im indischen und, weniger typisch, auch im schwedischen und spanischen Unterkambrium, während sie in Amerika noch zu fehlen scheinen. Sie entsprechen einer sehr spezialisierten Bewegungsart, welche offenbar nur wenigen Arten oder Gattungen aus der Verwandtschaft von *Redlichia* zukam. Sie verraten dafür um so mehr über die Organisation ihrer Erzeuger.

Die in Fig. 3A gezeichnete Fährte entspricht in der Anordnung der Trittsiegel noch weitgehend den schräg gezogenen Schreitfährten von Fig. 2A. Ein auffallender Unterschied liegt dagegen in der *Form der Trittsiegel*, welche auf der vorauseilenden („Luv"-) Seite stumpf pfötchenförmig, in den lee-wärtigen Trittserien dagegen (im Beispiel von der rechten Beinreihe erzeugt) als sigmoidale Kratzstreifen ausgebildet sind. Darin kommt eine Arbeitsteilung zwischen beiden Körperflanken zum Ausdruck. Die Beine der Luv-Seite stemmten sich mit den paarigen Endkrallen fest in den Schlamm und schoben beim Einbiegen den Körper über den Grund. Auf der Lee-Seite dagegen harkten die Krallen nur leicht über den Schlamm, wobei durch Überlagerung von Lokomotion und

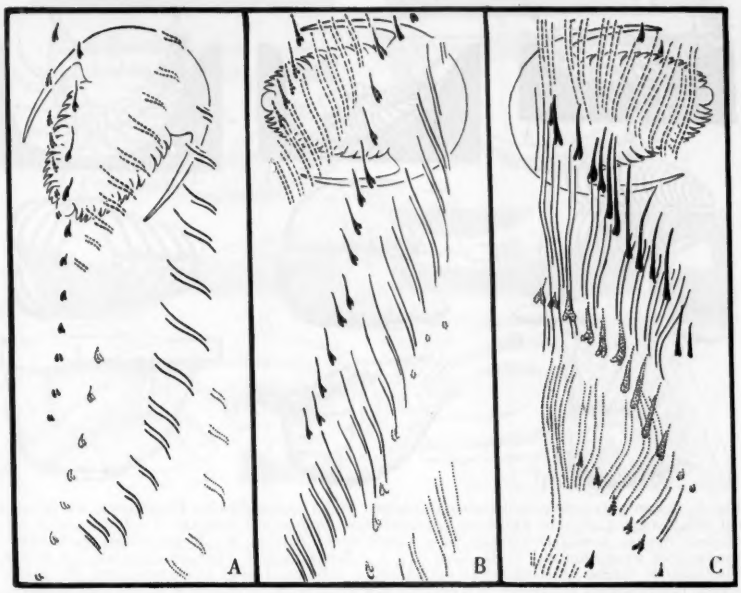


Fig. 3. Weidespuren eines unterkambrischen Trilobiten (Saltrange, Pakistan; etwa 1/3). Verschiedene Anordnung der Trittserien je nach Marschgeschwindigkeit und Orientierung zur Bewegungsrichtung (*A* Schräggang, *B* rascher Quergang nach links, *C* langsamer Quergang nach rechts beim intensiven Weiden). In allen Abwandlungen bleibt der scharfe Gegensatz von plumpen Stemmsiegeln und zarten Harksiegeln bestehen

schräg nach hinten und gegen die Körperachse gerichteter Harkbewegung die typischen sigmoidalen Harksiegel entstanden.

Während sonst die Trilobiten nur gelegentlich schräg krochen und auch dann nur im spitzen Winkel zur Körperachse, konnten sich diese harkenden Formen sogar *quer* dazu bewegen. Im Fährtenbild kommt das darin zum Ausdruck, daß auch die luv-seitigen Trittserien in gleichsinniger Staffelung zwischen die leeseitigen rücken (Fig. 3B). Zugleich prägt sich der Gegensatz zwischen Stemm- und Harksiegeln noch stärker aus. Bei langsamem Quergang wurden sogar die harkenden Krallen zwischen den einzelnen Harkbewegungen oft gar nicht mehr vom Boden abgehoben, so daß die Harksiegel aufeinanderfolgender Serien sich zu wellenförmigen Linien zusammenschließen.

Man denkt bei solchem Quergang unwillkürlich an die heutigen Krabben (Brachyuren), welche sich fast nur noch seitwärts fortbewegen. Aber bei ihnen drücken luv- *und* leeseitige Beine den Körper weiter, die einen beim Einbiegen, die anderen beim Strecken. Bei den querkriechenden Trilobiten dagegen wurde die Lokomotion von den luvseitigen Beinen besorgt,

während die leeseitigen nachschleiften und durch ihre gegensinnige Harkbewegung der Fortbewegung sogar entgegenwirkten. Offenbar war der biologische Sinn der Bewegung hier ein ganz anderer: die harkenden Beine kratzten eine nährstoffreiche Oberflächenschicht vom Grund ab und führten sie zur weiteren Verarbeitung den filtrierenden Präepipoditen zu. Gerade im Quergang konnten Trilobiten eine maximale Fläche weidend überstreichen, und darum sind sie dennoch morphologisch nie so stark verkürzt wie die Brachyuren.

An einem über $1^1/_2$ m langen und sehr gut erhaltenen Fährtenzug aus der Salt Range Pakistans [5] läßt sich in allen Einzelheiten verfolgen, wie ein Trilobit im Linksgang weidete und dann vor einer anderen Spur umkehrte (wo also schon abgeweidet war), wobei die Beine innerhalb einer Bewegungswelle fließend auf Rechtsgang umschalteten. Schließlich ebbte die Weidetätigkeit ab, während der Quergang zugleich gleitend zum rascheren Schräggang wurde, um im weiteren Verlauf wahrscheinlich auch noch in normale Vorwärtsbewegung überzugehen. Solche Spuren enthüllen eine überraschende Fülle von Bewegungsformen, welche man anders den morphologisch so wenig differenzierten Trilobitenbeinen kaum zugetraut hätte. Damit sind aber deren Möglichkeiten noch nicht erschöpft.

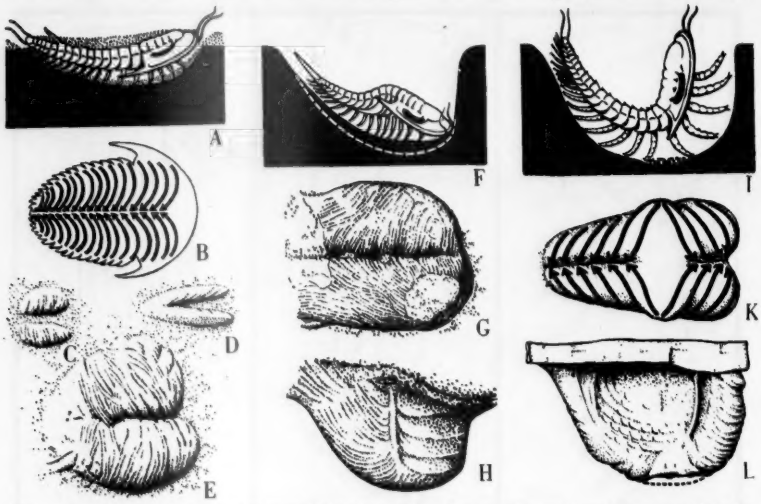


Fig. 4. Scharrspuren unterkambrischer Trilobiten. Linke Spalte: Flaches Einscharren, mit Schema der Beinbewegung (*B*) und Ausgüssen entsprechender Spuren aus Pakistan (*C—D*, $^1/_1$ und *E*, $^1/_3$). Mittlere Spalte: Ausscharren einer tiefen Grube unter Mithilfe des Kopfschildes; nach unterkambrischen Spurenfunden (*G—H*; nach [2]). $^1/_3$. Rechte Spalte: Tiefe, aber nur mit den Beinen ausgescharrte Grube. Ein Spurenausguß (Lugnås, Schweden) zeigt in Unteransicht (*K*) gegensinnige Beinbewegung in vorderer und hinterer Körperhälfte, in Seitenansicht (*L*) die Eindrücke von Kopfschild und segmentiertem, stark eingekrümmtem Trilobitenkörper. $^1/_3$

c) *Einscharren*

In benthonischen Tiergruppen (sogar unter den schwerfälligen Seerosen!) finden sich stets einzelne Arten, die auf der Suche nach Schutz oder Nahrung im weichen Schlamm und Sande graben und dabei gut erhaltungsfähige Grabspuren hinterlassen. So wird auch die Grabtätigkeit der Trilobiten durch häufig vorkommende Grabspuren bezeugt, die nach ihrer zweizähligen Längsgliederung — im Gegensatz zur dreizähligen ihrer Erzeuger, der Tri-lobiten — auch summarisch Bilobiten genannt werden.

An die ursprüngliche Meinung, die Bilobiten seien fossile Algen, erinnern heute nur noch einzelne Namen, z. B. *Rusophycus* = „Rauh-Tang", welche den Nomenklaturregeln gemäß noch an solchen Fossilien haften. Auch die Beziehung auf Trilobiten ist heute keine Frage mehr, da die Urheberschaft durch Eindrücke von Kopfschild und gegliederten Körperflanken (Fig. 4*L*) und durch Auffindung eines Trilobiten in situ klar bewiesen ist. Hier soll nur die Grab-Technik der Trilobiten und ihre ökologischen Abwandlungen eingehender besprochen werden.

Die Grabbewegung der einzelnen Beine ist aus den Querriefen abzulesen, die vor allem an größeren Bilobiten deutlich hervortreten und oft noch die gesonderten Eindrücke der beiden Endklauen erkennen lassen. Nun sollte man eigentlich erwarten, daß der Schlamm auf dem kürzesten Wege unter dem Körper weg nach den Flanken geschafft worden wäre. In Wirklichkeit verlief die Grabbewegung jedoch ähnlich wie beim Weiden von außen nach innen und etwas nach hinten (Fig. 4B). Das geht unter anderem daraus hervor, daß der Außenrand der Spuren niemals aufgeworfen ist. Beim Wegschaffen des Aushubs halfen dann wahrscheinlich die kammförmigen Präepipoditen mit, die durch ihren Schlag ohnehin einen fortwährenden Atemstrom erzeugten und dabei auch den aufgewühlten Schlamm durchsieben und fortwirbeln konnten.

Auf solche Weise entstanden im einfachsten Falle kurze und flache Doppelgruben (*Rusophycus*, Fig. 4, C—E) vom ungefähren Umriß des Erzeugers, d. h. mit verbreitertem Vorderende, weshalb sie in der Normandie auch „Pas de boeuf" genannt werden.

Andere Arten gruben ebenfalls „an Ort", aber tiefer in den Grund und wandelten dabei die Grabtechnik in verschiedener Weise ab. So scheint eine amerikanische Spurenform (Fig. 4, G—H) durch Schaufelbewegungen des Kopfschildes vertieft zu sein, während zugleich die Beine in der üblichen Weise schräg nach hinten scharrten [2]. Eine Trilobitenart des schwedischen Unterkambriums grub ebenso tiefe Gruben allein mit den Beinen. Aber diese scharrten nur in der hinteren Körperhälfte nach hinten. Unter dem steil aufgebogenen Vorderteil dagegen schoben sie den Aushub nach vorn aus der Grube (Fig. 4, I—L). Kopf- und schwanzwärtige Scharrbewegung schieden sich etwa im tiefsten Teil der Grube. Hier erscheint die Spur meist seitlich ausgebuchtet und durch verstürzte Tonklümpchen verhüllt, welche in diesem toten Winkel liegen geblieben sind.

d) *Wühlen*

Wiederholt sich das Einscharren mehrmals hintereinander, so konnten aus dem Spurentyp *Rusophycus*

lange, bandförmige Grabspuren entstehen, welche aber noch die typischen Querriefen und in ihrem unregelmäßigen Verlauf auch das ruckweise Fortschreiten erkennen lassen (Fig. 5 A—C). Sie bilden den ökologischen Übergang zu ebenfalls bandförmigen Bilobiten, welche im Ordovizium und Silur eine große Rolle spielten. Sie unterscheiden sich von jenen mehr zufällig entstandenen Bandspuren vor allem durch glatteren Verlauf und feinere, regelmäßigere Riefung, welche an der Mittellinie in sehr spitzem Winkel zusammenstößt (Fig. 5 D). Der zügige Verlauf wird noch betont, wenn das Band jederseits von einer scharfen Rille eingefaßt wird, in welcher vermutlich die Außenkante des Kopfschildes entlang geglitten ist. Diesen Spuren scheint ein etwas anderer Grabmechanismus zugrunde zu liegen. Den unabhängigen oder allenfalls verdoppelten Riefen von *Rusophycus* entsprechen hier ganze Büschel von streng parallelen Riefen. Die Graborgane trugen demnach mindestens 10 bis 12 steife Borsten und waren so effektiv, daß ihre Träger glatt durch den Schlamm pflügen konnten.

Mit der neuen Wühltechnik haben die Trilobiten zugleich eine regere Grabtätigkeit entfaltet. Sonst fossilarme Sandsteine zeigen auf den Schichtflächen oft dichte Geflechte solcher Bilobiten. Neben meterlangen Bändern finden sich hier auch tiefere, taschenförmige Rinnen (Fig. 5 E). Sie können nicht durch einmaliges Befahren entstanden sein, sondern zeugen von längerer Grabarbeit und boten dem im Verhältnis zu den Bauten kleinen Erzeuger Schutz und Unterschlupf. Da diese Taschenbauten jedoch nach oben gewöhnlich offen standen, war der Schutz gegen die im Ordoviz schon zahlreicheren Feinde nur gering. Aber beim Trockenfallen konnte sich darin Wasser halten und den kiemenatmenden Bewohnern ein Überdauern von Ebbezeiten ermöglichen.

Daß die Trilobiten ausnahmsweise auch geschlossene Gänge herstellen konnten, beweisen eigentümlich differenzierte Bilobiten aus dem zentralafrikanischen Silur (Fig. 5 F). Es sind im Prinzip U-förmige Gänge, die sich an der Mündung büschelförmig verzweigen. Eine solche Aufbüschelung diente nicht zum Schutz, sondern sie entstand aus dem Bestreben, im Umkreis eines schützenden Wohnganges die nahrungshaltige Oberflächenschicht intensiv abzuweiden. Vergleichbare Sternspuren sind fossil aus den verschiedensten Formationen bekannt und werden auch heute noch in allen Meeren durch sedimentfressende Würmer und Krebse erzeugt. In Fällen wie dem vorliegenden, wo der Wohngang nicht senkrecht, sondern im spitzen Winkel zur Oberfläche aufsteigt, kann sich kein symmetrischer Stern entwickeln. Da sich nach hinten zu die Umgebung der Mündung nur mit einer scharfen Rechts- oder Linkskurve erschließen läßt, entsteht eine charakteristische Leyer- oder Ankerform, welche auch bei der Benennung des afrikanischen Spurenfossils Pate gestanden hat. Eine entsprechende seitliche Krümmung indessen hätte der Trilobitenpanzer nicht erlaubt. Darum mußte sich der Trilobit wie ein Rennfahrer „in die Kurve legen" — aber nicht, um der Fliehkraft zu begegnen, sondern um die seitliche durch eine dorsale Krümmung zu ersetzen, die bei Trilobiten ohne weiteres möglich war.

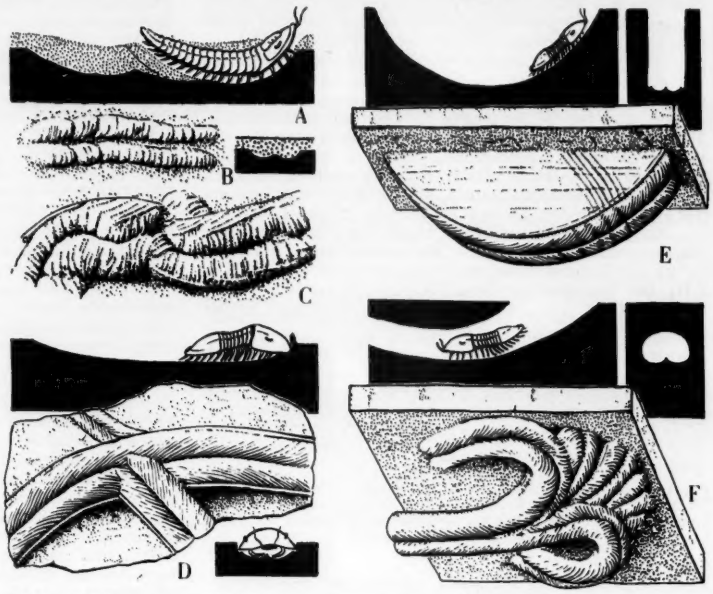


Fig. 5. Wühlspuren von Trilobiten. A—C Kambrischer Typ, nach Art der Scharrspuren entstanden. 1/1. D Ordovizisch-silurischer Typ, mit zügigem Verlauf, feinerer und spitzwinkliger Riefung und glatten Seitenkanten. 1/3. E Taschenförmiger Bau, durch tieferes Einwühlen aus dem vorigen Typ entstanden (Ordovizium von Frankreich, Spanien und Portugal). 1/3. F Röhrenförmiger U-Bau, an der Mündung büschelförmig verzweigt (Silur, Französisch Äquatorial-Afrika). Etwa 1/2

Viele interessante Probleme mußten in dem vorliegenden Überblick unerwähnt bleiben. Dazu gehört die weitere Unterscheidung von Spurenformen innerhalb der einzelnen ökologischen Typen, ihre Zuordnung zu bestimmten Trilobiten-Gattungen, ihre Benennung und nicht zuletzt ihre zeitliche Verbreitung. Nur auf einer solchen Grundlage können Trilobitenspuren in sonst fossilfreien Gesteinsserien auch als Zeitmarken benützt und damit die zunächst rein theoretischen Erkenntnisse wieder für die geologische Praxis nutzbar gemacht werden.

Literatur

[1] ABEL, O.: Vorzeitliche Lebensspuren. Jena: Gustav Fischer 1935. — [2] FENTON, C. L., u. M. A. FENTON: Amer. Midland Naturalist **18**, 446—451 (1937). — [3] LESSERTISSEUR, J.: Bull. Soc. géol. France **6**, VI, 43—47 (1956). — [4] RICHTER, RUD.: Senckenbergiana I. **1919**, 213—238; II. **1920**, 23—43. — [5] SCHINDEWOLF, O. H., u. A. SEILACHER: Akad. Wiss. u. Lit. Mainz, Abh. math.-naturw. Kl. **1955**, 257—446. — [6] STAFF, H. v., u. H. RECK: S.-B. Ges. naturforsch. Freunde Berlin **1911**, 130—146. — [7] STØRMER, L.: Skt. norske Vidensk.-Akad. Oslo, mat.-naturv. Kl. **1944** (5), 158 S.

Frankfurt a. Main, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität

Eingegangen am 2. Oktober 1958

Kurze Berichte

Das Maser-Prinzip

Von HANS-JOACHIM QUEISSER, Göttingen

Der seit einigen Jahren wichtig gewordene physikalische Begriff „MASER" ist eine Abkürzung für: „Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation", d.h.: Mikrowellen-Verstärkung durch induzierte Ausstrahlung. Diese Bezeichnung ist von TOWNES, GORDON und ZEIGER, einer Gruppe an der Columbia-University, vorgeschlagen worden [1]. Es handelt sich hierbei um ein neues Prinzip zur Verstärkung und Erzeugung elektromagnetischer Strahlung im Gebiet der Mikrowellen, also bei Wellenlängen im cm- und mm-Bereich. Man induziert Emission von atomaren Systemen, die vorher in einen angeregten Zustand versetzt wurden. Dieses Prinzip, das bereits früher von anderen Autoren [2], [3] vorgeschlagen wurde, soll zunächst am Beispiel der Apparatur von TOWNES u. Mitarb. erläutert werden.

Diese erste arbeitsfähige Maser-Anordnung ist ein Molekularstrahlverstärker („Molecular Beam Maser"). Er ist zur Untersuchung des Spektrums des Ammoniaks NH_3 im Zentimeterwellengebiet als neuartiger hochempfindlicher Verstärker konstruiert worden. Dabei

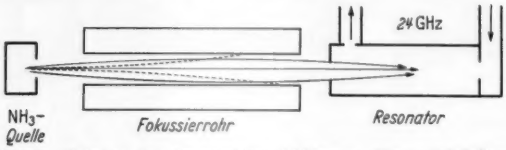


Fig. 1. Schema des Ammoniakstrahl-Masers. Die gestrichelten Linien sind die Bahnen der Molekeln im unteren Inversionszustand. Nur die Molekeln im oberen Inversionszustand werden fokussiert und erreichen den Resonator

wird benutzt, daß Ammoniak ein sog. Inversionsspektrum besitzt. Jeder einzelne Rotations- und Schwingungszustand der Molekel ist in zwei Terme aufgespalten. Diese Erscheinung läßt sich quantenmechanisch aus dem Aufbau der NH_3-Molekel herleiten. Vereinfacht lautet diese Deutung wie folgt. Die drei H-Atome bestimmen ein gleichseitiges Dreieck, das N-Atom bildet dazu die Spitze eines Tetraeders. Keine der beiden möglichen Lagen des N-Atoms, oben oder unten bezüglich der Ebene der H-Atome, ist ausgezeichnet. Durch den Tunneleffekt kann das N-Atom ständig von einer Lage in die andere wechseln. Dies geschieht mit der Inversionsfrequenz ν_I, die mit der Energiedifferenz ΔE der beiden Inversionsterme verknüpft ist durch die Beziehung $\Delta E = h\nu_I$. Beim Ammoniak liegt die intensivste Inversionsfrequenz bei ungefähr $24\ \mathrm{GHz} = 24 \cdot 10^9\ \mathrm{Hz}$, was einer Wellenlänge von etwa 1,25 cm entspricht.

In einem Ammoniakmolekularstrahl wird sich demnach eine gewisse Zahl von Molekeln im unteren Inversionszustand befinden, gleichzeitig nimmt eine durch die Temperaturverteilung bedingte etwas kleinere Zahl den energetisch höheren Zustand ein. Es ist nun möglich, die energiereicheren Molekeln des oberen Zustandes räumlich von denen des unteren Zustandes zu trennen. Dieses Aussortieren geschieht mit Hilfe des Stark-Effektes. Beim Anlegen eines elektrischen Feldes wird der untere Zustand mit wachsender Feldstärke energetisch abgesenkt, während der obere Inversionszustand angehoben wird. Im inhomogenen Feld bedeutet das Kraftwirkungen entgegengesetzt bzw. in Richtung des Feldgradienten. Das kann zur Fokussierung aller Molekeln im oberen Zustand und zur Defokussierung der Molekeln des unteren Zustandes benutzt werden.

Der Aufbau einer dazu notwendigen Apparatur ist in Fig. 1 schematisch dargestellt. In eine evakuierte Glasröhre wird von der einen Seite her ein scharf gebündelter Molekularstrahl NH_3 eingelassen. Durch geeignete Blenden läßt sich eine einheitliche Geschwindigkeit erreichen. Der Strahl tritt dann in ein Trennrohr („Focuser"). Darin wird mit Hilfe von parallel zur Rohrachse befindlichen, abwechselnd positiv und negativ aufgeladenen Drähten ein starkes inhomogenes elektrisches Feld erzeugt. In der Achse des Rohres herrscht die kleinste Feldstärke, dorthin werden die Molekeln des oberen Inversionszustandes gedrängt. Andererseits wirkt auf die Molekeln im unteren Zustand eine Kraft in Richtung größerer Feldstärke, sie werden nach außen abgelenkt. So muß schließlich nach dem Durchlaufen eines genügend langen Fokussierrohres nur noch ein Strahl von angeregten Molekeln des oberen Inversionszustandes übrigbleiben.

Dies bedeutet jedoch eine sehr grobe Störung des Gleichgewichtes. Das Verhältnis der Besetzungszahlen N_1, N_2 zweier Energiezustände 1 und 2 ist bei einer Temperatur T gegeben durch den Boltzmann-Faktor $N_2/N_1 = e^{-\Delta E/kT}$. ($\Delta E$ bedeutet den Energieabstand der beiden Zustände, k ist die Boltzmannsche Konstante). Das gestörte System, für das N_1 künstlich zu Null gemacht ist, wird versuchen, die seiner Temperatur entsprechende Verteilung der Molekeln auf beide Niveaus wieder anzunehmen. Das ist einmal möglich durch spontane Übergänge vom oberen auf das untere Niveau unter Aussenden eines Quants mit der Frequenz $\nu_I = 24$ GHz. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit für solche spontanen Übergänge für Frequenzen im Mikrowellengebiet viel kleiner als für die induzierten Übergänge durch Absorption oder Emission von Lichtquanten eines umgebenden Strahlungsfeldes. Diese Tatsache wird für den Maserbetrieb ausgenützt. Man schießt den Molekularstrahl nach seiner Fokussierung in einen auf die Frequenz ν_I abgestimmten Hohlraumresonator (vgl. Fig. 1). In diesen Resonator wird, etwa über einen geeigneten Hohlleiter, Strahlung der Resonanzfrequenz eingeleitet. Es baut sich ein Strahlungsfeld auf, mit dem sich die eingeschossenen Molekeln ins Gleichgewicht setzen werden. Da es im Hohlraum praktisch nur Molekeln im oberen Zustand gibt, kommt es insgesamt nicht zu einer Absorption, sondern zu einer Emission. Man erhält eine Verstärkung der eingestrahlten Leistung und kann die so verstärkte Strahlung der Frequenz ν_I durch einen zweiten Hohlleiter abführen.

Es ist verständlich, daß die emittierte Leistung hierbei nur sehr klein ist. Tatsächlich liegt sie bei 10^{-10} W. Außerdem hat man es mit einem Verstärker zu tun, der nur für eine fest vorgegebene Frequenz mit einer sehr kleinen Bandbreite arbeitet. Aber dafür zeigt dieser Maser eine außerordentlich gute Frequenzkonstanz, die alle bisherigen Anordnungen weit übertrifft. Ein derartiger NH_3-Molekularstrahl-Maser gibt Frequenzabweichungen von nur rund $1:10^{12}$. Diese Eigenschaft macht ihn zu einem hervorragenden Frequenz- und Zeitnormal. Damit wird auch der bisher beste Zeitmesser, die „Ammoniakuhr", übertroffen. Auch sie benutzt die Inversionsfrequenz des NH_3 bei 24 GHz, aber in Absorption. Mit dieser Absorptionsfrequenz als Normal wird ein stabilisierter Quarzsender in einer Rückkopplungsschaltung geregelt. Der Maser dagegen wirkt direkt als Schwingungserzeuger.

Das Prinzip der „Molekularverstärker" ist am Beispiel dieses ersten Masers erkennbar. *Bei einem System mit genügend kleiner Wahrscheinlichkeit für spontane Übergänge kann man eine Verteilung auf verschiedene Energieterme so stören, daß ein energetisch höherer Term stärker besetzt wird als ein niederer. Durch Einstrahlung können Übergänge auf das untere Niveau induziert werden. Diese Übergänge bewirken eine Verstärkung der eingestrahlten Leistung.* Die beim Übergang emittierten Wellenzüge addieren sich kohärent zum Strahlungsfeld, da sie von diesem selbst induziert werden. Die spontane Emission dagegen ist inkohärent und wirkt als „Rauschen".

Man kann das erzwungene Überbesetzen eines höheren Terms formal noch mit einem Boltzmann-Faktor beschreiben. Ist das höherliegende Niveau 2 stärker besetzt als das untere Niveau 1, so wird der Boltzmann-

Faktor $e^{-\Delta E/kT}$ größer als 1. Man muß solchen Systemen eine negative Temperatur T zuschreiben. Gleichverteilung auf beide Niveaus entspräche einer unendlichen Temperatur. Das Prinzip eines Masers kann dann auch so formuliert werden: Ein System werde zunächst auf eine negative Temperatur gebracht, anschließend lasse man es unter induzierter Ausstrahlung wieder einen Zustand erreichen, der einer positiven Temperatur entspricht.

Nur im Mikrowellengebiet ist ein günstiges, großes Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten von induzierten zu spontanen Übergängen gegeben. Mit wachsender Frequenz, also zum optischen Gebiet hin, wird dieses Verhältnis ungünstiger. Außerdem wird es für kürzere Wellenlängen schwieriger, Hohlraumresonatoren zu bauen, mit denen man ein starkes Strahlungsfeld erreichen kann und so eine große Wechselwirkung zwischen Maser-System und Strahlungsfeld erzielt. Für weitere Verfahren zur Herstellung „negativer Temperaturen" muß man demnach Systeme suchen, deren Termaufspaltung einer Energiedifferenz im Mikrowellengebiet entspricht. Außerdem sollen die Energieterme möglichst scharf sein, um gut definierte Frequenzen zu erhalten.

BLOEMBERGEN [4] schlug vor, für Maser-Systeme Festkörper zu wählen. Festkörpermaser haben zur Zeit die größte Bedeutung; eine große Zahl ist bereits in Betrieb [5], [6], [7]. Die breiten Energiebänder des Festkörpers sind nicht für einen Maser geeignet, wohl aber scharfe Energieterme, die beispielsweise den verschiedenen Spineinstellungen paramagnetischer Ionen im Magnetfeld entsprechen. Man muß jedoch mit kleinen Konzentrationen der Spins arbeiten. Eine solche „magnetische Verdünnung" läßt sich erreichen, indem man einen kleinen Prozentsatz paramagnetischer Ionen von Übergangsmetallen oder seltenen Erden in einen geeigneten Wirtskristall einbaut. An einen solchen Einkristall wird ein Magnetfeld gelegt. Je nach dessen Stärke und nach der Größe der Spins wird sich ein mehr oder weniger stark aufgespaltenes Multiplett von Energietermen ergeben. In Fig. 2 sind drei Terme einer solchen Aufspaltung dargestellt. Das Gleichgewicht wird gestört durch Einstrahlung einer geeigneten Frequenz (für das hier gewählte Magnetfeld: 17,5 GHz), die die Spins vom Zustand 1 in den Zustand 3 überführt. Dieses Anheben soll möglichst vollständig erfolgen, bis die Besetzungszahlen N_1 und N_3 gleich groß sind. Man spricht dann auch von Sättigung des oberen Niveaus bezüglich des unteren. Diesem „Heraufpumpen" wirkt aber eine spontane Reorientierung der Spins entgegen. Nach einer bestimmten Zeit, der „Spin-Gitter-Relaxationszeit" T_1, ist nämlich eine anfänglich vorhandene Überbesetzung des oberen Niveaus auf $1/e$ ihres Ursprungswertes abgesunken, weil die Spins strahlungslos, aber unter Energieabgabe an das Gitter, wieder den unteren Zustand erreichen. Gelingt es, diese Relaxationszeit genügend groß zu wählen, dann wird es mit einer nicht zu großen Pumpleistung möglich, das obere Niveau zu sättigen. Die Besetzung des mittleren Niveaus wird durch zwei andere Relaxationszeiten bestimmt. Im Beispiel der Fig. 2 ist die Relaxationszeit zwischen den Termen 3 und 2 viel kleiner als diejenige zwischen den Termen 2 und 1. Spins des obersten Niveaus werden darum schnell in den Zustand 2 übergehen, dann aber länger verweilen, ehe der niedrigste Zustand 1 auf strahlungslosem Wege angenommen wird. So kann auf dem Umweg über den Term 3 erreicht werden, daß sich mehr Spins im Zustand 2 befinden als im Zustand 1. Damit ist die Bedingung für einen Maser erfüllt. In diesem Beispiel wird eine Frequenz von 9 GHz ausgestrahlt; wären die Verhältnisse der Relaxationszeiten umgekehrt, so könnte die Emission zwischen den beiden oberen Niveaus induziert werden. Wegen der benutzten drei Energieterme erhalten diese Festkörper-Maser die Bezeichnung „Three level-solid state-maser".

Zur experimentellen Verwirklichung eines solchen Festkörper-Masers muß zunächst ein geeignetes paramagnetisches Ion in einen Wirtskristall eingebaut werden. Bewährt haben sich unter anderem das Cr^{+++}-Ion, eingebaut zu 0,5% in einen $K_3Co(CN)_6$-Einkristall oder zu 0,1% in synthetischen Rubin Al_2O_3, außerdem das Gadolinium-Ion Gd^{+++}. Durch geeignete Orientierung und Stärke des angelegten Magnetfeldes lassen sich die gewünschten Frequenzen wählen. Hierin liegt ein großer Vorteil, man ist nicht mehr wie beim NH_3-Maser an eine vorgegebene Frequenz gebunden.

Der Kristall wird in einen Hohlraumresonator gebracht, der für zwei Frequenzen gleichzeitig abgestimmt ist, nämlich für die höhere Pumpfrequenz und die niedrigere Arbeitsfrequenz des Masers. Fig. 3 zeigt eine solche Anordnung, es handelt sich hierbei um einen koaxialen Resonator. Die Pumpfrequenz wird durch einen Hohlleiter eingeführt, die Arbeitsfrequenz kann über ein Koaxialkabel ein- und ausgekoppelt werden. In der Skizze sind neben dem Kristall außerdem die magnetischen Feldlinien angedeutet, die den benutzten Schwingungsmoden des Hohlraumes entsprechen.

Ein derartiger Maser arbeitet jedoch nicht bei Zimmertemperatur, sondern im allgemeinen nur bei etwa 2° K,

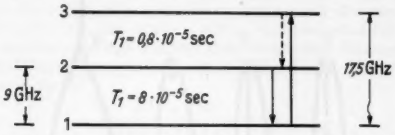


Fig. 2. Drei Terme einer Oktett-Aufspaltung des Gd^{+++}-Ions im Magnetfeld von 2850 Oersted. Angegeben sind die Energiedifferenzen im Frequenzmaß und die Spin-Gitter-Relaxationszeiten T_1

also bei Temperaturen des flüssigen Heliums. Nur bei diesen kleinen Temperaturen sind die Spin-Gitter-Relaxationszeiten groß genug. Auch nimmt die Zahl der gitterbedingten spontanen Übergänge mit fallender Temperatur ab. Weiterhin wird auch die verfügbare Leistung größer. Dazu muß das Besetzungsverhältnis N_2/N_1 möglichst groß sein. Es wird maximal $e^{(E_3-E_1)/kT}$, wenn nämlich Term 2 mit Term 3 im Gleichgewicht steht und

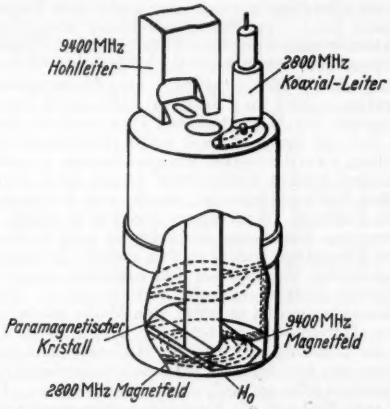


Fig. 3. Hohlraumresonator eines Masers, abgestimmt auf die Pumpfrequenz 9,4 GHz und die Arbeitsfrequenz 2,8 GHz. (Nach [6])

durch das Pumpen Sättigung des Überganges $1 \rightarrow 3$ erreicht ist, also $N_1 = N_3$. Wie man sieht, wird für kleine Temperaturen dieses Verhältnis immer günstiger. Schließlich ergibt sich, daß das thermische Rauschen der Anordnung durch Abkühlung erheblich verringert wird. Allerdings bedeutet die Forderung, bei der Temperatur des flüssigen Heliums zu arbeiten, einen erheblichen technischen Aufwand. In der letzten Zeit sind jedoch erfolgreiche Versuche unternommen worden [8], einen solchen Festkörper-Maser schon bei der Temperatur des festen Stickstoffs, also bei etwa 60° K, zu betreiben.

Fig. 4 gibt Oszillogramme wieder, die an einem „Three level-solid state-maser" unter verschiedenen Arbeitsbedingungen erhalten wurden [7]. Dabei ist als Ordinate die vom Maser-Hohlraum reflektierte Strahlungsleistung aufgetragen, als Abszisse die Frequenz. In der Mitte des breiten Bereiches der eingestrahlten und wieder reflektierten Arbeitsfrequenz zeigt sich als Einschnitt die Absorption bei der Resonanzfrequenz des kristallgefüllten Hohlraumresonators (Teilbild 4a). In Teilbild 4b ist magnetische Resonanz erreicht, das angelegte Magnetfeld sorgt gerade für die der Hohlraumresonanzfrequenz

entsprechende Aufspaltung der Maser-Niveaus. Die Absorption wird dadurch größer. Fig. 4c gibt die Verhältnisse nach Einschalten der Pumpfrequenz wieder. Die durch das Pumpen bewirkte stimulierte Emission ist schon fast so groß wie die Absorptionsverluste. Wird die Pumpleistung noch gesteigert (Fig. 4d), so überwiegt die Maser-Emission. Das System ist nun so weit entdämpft, daß es selbständig als Schwingungserzeuger arbeiten kann.

Ein Vorteil solcher Festkörper-Maser liegt in der höheren Ausbeute, die durch die größere Zahl der zur Verfügung stehenden emittierenden Zentren gegeben ist. Man kommt zu Leistungen von einigen Mikrowatt. Der Verstärkungsgrad liegt bei etwa 20 db, die Bandbreite

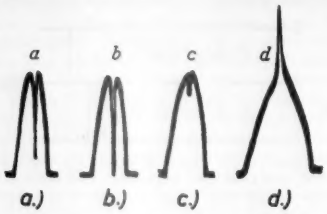


Fig. 4a—d. Oszillogramme der vom Maser reflektierten Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz bei verschiedenen Pumpleistungen. (Nach [7])

ist größer als beim NH_3-Maser. Hinzu kommt die erwähnte Möglichkeit, durch Wahl des Magnetfeldes die Frequenzen festzulegen; andererseits ist ersichtlich, daß man keine so gute Frequenzkonstanz erwarten kann.

Vor der Konstruktion des Drei-Term-Maser wurde bereits ein allerdings nur teilweise geglücktes Experiment mit einem Zwei-Term-Festkörper-Maser ausgeführt [9]. Man arbeitet dabei mit den zwei Einstellmöglichkeiten eines Spins der Größe $1/2\hbar$ im Magnetfeld. Die Überbesetzung des oberen Niveaus — also die negative Spintemperatur — wird im Prinzip erreicht durch ein schnelles Umpolen des Magnetfeldes. Dies muß so rasch erfolgen, daß die Spins in ihrer alten Einstellung bleiben. Die größere Zahl der vorher energieärmeren, parallel zum Feld ausgerichteten Spins steht darum nach dem Umpolen dem Felde antiparallel, besetzt also den energetisch höheren Zustand. Wird dieses System in einen richtig abgestimmten Resonator gebracht, so geht es durch induzierte Übergänge wieder in den tieferen Zustand über. Entscheidender Nachteil ist, daß zunächst nur ein intermittierender Betrieb erreicht werden kann. Zwischen den Abstrahlungen ist es nötig, den Maser wieder auf die negative Temperatur zu bringen. Dagegen ist die abnehmbare Leistung mit einigen Milliwatt sehr groß.

Neben den hier kurz im Prinzip beschriebenen Maser-Anordnungen gibt es noch eine Reihe anderer [12], die jedoch zum Teil nur als Vorschläge ohne experimentelle Verwirklichung existieren. So ließ sich beispielsweise der Plan, zwischen den Hyperfeinstruktur-Termen von Atomen eine Maser-Emission zu erreichen, bisher noch nicht verwirklichen. Ein anderer Maser-Typ, der sich dagegen bereits bewährt hat, arbeitet mit ferromagnetischen Resonanzen [10].

Die praktische Verwendung von Maser-Apparaturen ist bisher noch gering. Der durch die extreme Frequenzkonstanz ausgezeichnete Ammoniakstrahl-Maser wurde als Zeitnormal in einer neuerlichen Prüfung der speziellen Relativitätstheorie verwendet [11]. Auch als Verstärker erscheint der Maser wertvoll trotz des relativ kleinen Verstärkungsgrades, der sehr geringen Ausgangsleistung und des erheblichen experimentellen Aufwandes. Der entscheidende Vorteil ist die außerordentliche Empfindlichkeit, die durch das geringe Rauschen des Masers gegeben ist. Man kann einen Rauschuntergrund charakterisieren durch eine Rauschtemperatur. Sie ist gleich der Temperatur eines schwarzen Körpers, der im entsprechenden Frequenzgebiet die gleiche Rauschleistung abstrahlen würde. Ein üblicher Mikrowellengenerator, etwa ein Klystron, hat dann eine Rauschtemperatur von mehr als 1000° K. Dagegen ist der Festkörper-Maser oft als „unterkühlter Verstärker" bezeichnet worden, da er bei Heliumtemperaturen arbeitet, wo die Strahlungsleistung der Hohlraumstrahlung nur verschwindend klein ist. Weiterhin tragen zum Rauschen die spontanen, inkohärenten Übergänge bei, die aber im Mikrowellengebiet genügend wenig wahrscheinlich sind. Daher liegt die Rauschtemperatur des Masers bei nur 5° K. Das bedeutet, daß nunmehr auch schwache Signale verstärkt werden können, die bei den üblichen Methoden im Rauschen untergegangen wären. Mit einer Maser-Anordnung hat man Strahlung von Sternen verstärkt und so beispielsweise dem Jupiter eine Rauschtemperatur zuordnen können. Es werden Maser gebaut, die auf eine Wellenlänge von 21 cm abgestimmt sind. In der Radioastronomie wird es damit möglich, um Größenordnungen empfindlicher die wichtige 21 cm-Linie des interstellaren Wasserstoffs zu messen.

Diese beiden hervorragenden Eigenschaften, Frequenzkonstanz und Empfindlichkeit, sind die Gründe für die im Augenblick sehr intensiven Bemühungen um die Weiterentwicklung des Masers. Für die nächste Zukunft werden noch viele interessante Ergebnisse zu erwarten sein.

Literatur

[1] Gordon, J. P., C. H. Townes u. H. J. Zeiger: Physic. Rev. **99**, 1264 (1955). — [2] Weber, J.: Trans. Inst. Radio Engrs. **3** (1953). — [3] Basov, N. G., u. A. M. Prokhorov: J. Exp. Theor. Phys. **28**, 249 (1955). — [4] Bloembergen, N.: Physic. Rev. **104**, 324 (1956). — [5] Scovil, H. E. D., C. Feher u. H. Seidel: Physic. Rev. **105**, 762 (1957). — [6] McWhorter, A. L., u. J. W. Meyer: Physic. Rev. **109**, 312 (1958). — [7] Artmann, J. O., N. Bloembergen u. S. Shapiro: Physic. Rev. **109**, 1392 (1958). — [8] Ditchfield, C. R., u. P. A. Forrester: Phys. Rev. Letters **1**, 448 (1958). — [9] Combrisson, J., A. Honig u. C. H. Townes: C. R. Acad. Sci. [Paris] **242**, 2451 (1956). — [10] Suhl, H.: Physic. Rev. **106**, 384 (1957). — [11] Cedarholm, J. P., G. F. Bland, B. L. Havens u. C. H. Townes: Phys. Rev. Letters **1**, 342 (1958). — [12] Ausführliche Zusammenfassung in deutscher Sprache: Wolf, H. C.: Z. angew. Phys. **10**, 480 (1958).

Göttingen, I. Physikalisches Institut der Universität

Eingegangen am 7. Februar 1959

Kurze Originalmitteilungen

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich

Zur theoretischen Auflösungsgrenze von Prismen

Das theoretische Auflösungsvermögen eines Prismas wird allgemein angegeben zu

$$\lambda/\Delta\lambda = C\, dn/d\lambda. \tag{1}$$

$\Delta\lambda$ ist der für die Auflösung zweier gleichstarker Linien erforderliche Mindestabstand, der nach Rayleighs Vorschlag definitionsgemäß zu

$$\Delta\lambda = \lambda f/a \tag{2}$$

festgelegt ist, als Quotient aus der Wellenlänge λ und dem Öffnungsverhältnis a/f der Optik. Dieser Abstand ist identisch mit der Halbbreite b_0 des Normalprofils mit der Intensitätsverteilung

$$J(v) = J_0 \frac{\sin^2 v}{v^2} \tag{2a}$$

oder, was auf dasselbe herauskommt, gleich der Breite dieses Profils (des Beugungsbildes des unendlich feinen Spaltes) bei der Intensität

$$J(b_0/2) = J(\pi/2) = 4 J_0/\pi^2 = 0{,}4053 J_0. \tag{2b}$$

J_0 ist ein Proportionalitäts- oder Normierungsfaktor, der nicht notwendig mit dem Funktionswert $J(0)$ für die Stelle $v = 0$ übereinstimmen muß. C ist die Prismenbasis und $dn/d\lambda$

der Differentialquotient des Brechungsindex nach der Wellenlänge. Nach Vorgabe der optischen Verhältnisse und des dispergierenden Mediums ist demnach das Auflösungsvermögen eines Prismas nur noch eine Frage der Basislänge des Prismas. Theoretisch scheint es unbegrenzt zu sein, wofern C nur genügend groß gewählt wird. Die praktische Durchführung scheitert (nach allgemeiner Ansicht) am Energieverlust durch Reflexion, der eine Strahlenführung durch beliebig viele Prismen verbietet.

Gl. (1) sieht ab von der Verbreiterung der Beugungsprofile durch die asymmetrische Prismenabsorption. Wird diese berücksichtigt, so ergibt sich nach den Ansätzen von VAN CITTERT[1]) und MIELENZ[2]) im Beugungsbild des unendlich feinen Spaltes statt (2a) die Intensitätsverteilung

$$J(v) = \frac{J_0\, e^{-2K}\,(\cosh 2K - \cos 2v)}{2\,(K^2 + v^2)}. \tag{3}$$

$$K = k\,C/4 \tag{4}$$

ist der Absorptionsparameter nach MIELENZ, wobei k den Absorptionskoeffizienten zur Basis e des Prismenmaterials bedeutet. Da der hyperbolische $\cosh 2K$ rasch anwächst ($\cosh 6 = 201{,}7$), kann der Einfluß von $\cos 2v$ bald vernachlässigt werden, so daß für $K > 3$ nach einigen Umformungen, bei denen auch e^{-4K} erscheint und vernachlässigt wird, statt (3) die genügend genaue (1%) Näherung

$$J(v) = J_0/4\,(K^2 + v^2) \tag{5}$$

benützt werden mag.

Die für die Ermittlung des Auflösungsvermögens nach dem Rayleighschen Kriterium benötigten Halb-($4/\pi^2$-)breiten b_K ergeben sich aus (3) und (5) mit dem Ansatz

$$J(b_K/2)/J(0) = 4/\pi^2, \tag{6}$$

was für die strenge Formel (3) auf eine transzendente Bestimmungsgleichung führt, für $K > 3$ nach (5)

$$b_K = 2K\sqrt{\pi^2/4 - 1} = 2{,}42\,K \tag{7}$$

ergibt. Für einige ausgewählte K sind in Tabelle 1 die Halbbreiten b_K zusammengestellt, ebenso der Verbreiterungsfaktor b_K/b_0, der die Halbbreiten in Einheiten von $b_0 = \lambda f/a$ wiedergibt. Für $K > 3$ werden die Breiten b_K genügend genau dargestellt durch

Tabelle 1

K	b_K	$\lambda f/a$	K	b_K	$\lambda f/a$
0,0	π	1,000	1,5	4,12	1,313
0,2	3,158	1,005	2,0	4,96	1,579
0,4	3,208	1,021	2,5	6,06	1,929
0,6	3,291	1,048	3,0	7,28	2,318
0,8	3,409	1,085	4,0	9,70	3,088
1,0	3,564	1,134	. . . . K	. . . . 2,42 K	. . . . . 0,771 K

$$b_K = 0{,}77\,K \times \lambda f/a, \qquad (K > 3) \tag{8}$$

für $K \leqq 1$ durch

$$b_K = e^{0{,}13\,K^2} \times \lambda f/a. \quad (K \leqq 1). \tag{8a}$$

Wird in (1) $\Delta\lambda$ durch

$$\Delta\lambda^* = b_K = b_K/b_0 \times \Delta\lambda$$

ersetzt, so ergibt sich das theoretische Auflösungsvermögen des Prismas zu

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda^*} = \frac{C}{b_K/b_0} \cdot \frac{dn}{d\lambda}, \tag{9}$$

was für $K > 3$ unter Verwendung von (8) und (4) zu

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda^*} = \frac{C}{0{,}77\,K} \cdot \frac{dn}{d\lambda} = \frac{5{,}2}{k} \cdot \frac{dn}{d\lambda} \tag{9a}$$

führt. Da auch $\Delta\lambda^*$ sich auf den Idealfall des unendlich feinen Spaltes bezieht, stellt (9a) das *Maximum* dar, was mit Prismen an Auflösung erreicht werden kann. *Nach Vorgabe des Öffnungsverhältnisses der Optik und des Prismenmaterials ist die Maximalauflösung nur mehr bestimmt durch den Absorptionskoeffizienten des dispergierenden Mediums.*

Wenn angenommen wird, daß mit $K = 3$ praktisch das Auflösungsmaximum erreicht ist, ergibt sich unter Beachtung von (4) die maximale Basislänge zu $C_{\max} = 12/k$, über die hinauszugehen es keinen Sinn hat. In Tabelle 2 sind für ein Flintglas einige Maximallängen der Basis zusammengestellt für einige ausgewählte Wellenlängen.

Tabelle 2

λ Å	Durchlässigkeit für 1 cm	k	$C_{\max}$
6800	0,995	0,005	2500 cm
5200	0,992	0,008	1500 cm
4000	0,905	0,100	120 cm
3600	0,725	0,322	37 cm

Der numerische Wert für das maximale Auflösungsvermögen (9a) läßt sich verbessern, wenn statt der klassischen Halbbreiten (6) eine andere Art, „Auflösungsbreiten", definiert werden, die den Einfluß des Flügels des Nachbarprofils auf die Zentralintensität berücksichtigen und statt des Ansatzes (6) durch

$$\frac{2J(b_{AK}/2)}{J(0) + J(b_{AK})} = \frac{8}{\pi^2} \tag{10}$$

gegeben sind. Dann ergibt sich für das Maximal-Auflösungsvermögen

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda^*} = \frac{6{,}1}{k} \cdot \frac{dn}{d\lambda}.$$

Astrophysikalisches Laboratorium der Vatikanischen Sternwarte, Castel Gandolfo

J. JUNKES S. J.

Eingegangen am 24. April 1959

[1]) CITTERT, P. H. VAN: Z. Physik 69, 298 (1931). — [2]) MIELENZ, K. D.: Optik 13, 437 (1956).

Spezifische totale Ionisation und Ionisierungsaufwand von 15-MeV-Elektronen in Luft und einigen anderen Gasen

Die Kenntnis des Ionisierungsvermögens von Elektronen in Gasen, vor allem in Luft, sowie des Ionisierungsaufwandes ε (mittlerer Energieverbrauch pro Ionisation) bildet die Grundlage der heutigen Strahlendosimetrie in absoluten, spezifischen Energieeinheiten sowie die Möglichkeit der Überprüfung der Theorien der Bremsung von Elektronen in Materie. Während für langsame und mittelschnelle Elektronen diese Größen in der Vergangenheit vielfältig untersucht wurden und für eine Reihe von Gasen relativ gut bekannt sind, liegen für Elektronenenergien über 2 MeV erst einzelne, erheblich differierende Messungen aus den letzten Jahren vor. Dies hat seinen Grund — neben dem erst allmählichen Entstehen geeigneter Elektronenquellen — in meßtechnischen Schwierigkeiten, bedingt durch die großen Reichweiten relativistischer Elektronen in Gasen.

Mit einer Apparatur, welche die Messung eines definierten Teilbetrages der spezifischen totalen Ionisation schneller Elektronen in Gasen auf direktem Wege gestattet (Parallelplatten-Ionisationskammer mit Feld senkrecht zum gebündelten Elektronenstrahl, dahinter ein Faraday-Kasten zur Messung des ionisierenden Elektronenstromes), wurde die Größe der „gemessenen spezifischen Ionisation" für 14,8 MeV-Elektronen eines Betatrons in einigen Gasen auf 3% absolut bestimmt. Die spezifische totale Ionisation und der (differentielle) Ionisierungsaufwand wurden daraus durch Berechnung des „Wirkungsgrades" der Ionisationskammer erhalten, wobei von der Energiebilanz der Sekundärelektronen im Gas ausgegangen und der Verbleib der Energie innerhalb (für energiearme) und außerhalb des Meßvolumens (für energiereiche Sekundärelektronen) nach der Elektronenstoßtheorie von MØLLER und der des differentiellen Energieverlustes von BETHE erhalten wird. Ferner wurden Streuung und Rückstreuung der Sekundärelektronen im Füllgas und an den Begrenzungen des Meßvolumens berücksichtigt.

Es ergab sich dabei, daß der Wirkungsgrad allgemein relativ sehr schwach von Form und Abmessungen des Ionisierungsvolumens abhängt (1 bis 2% Änderung bei Verdoppelung der linearen Dimensionen im Falle der benutzten Kammer von 151 cm³ Volumen); ferner, daß das Füllgas auf ihn einen relativ geringen Einfluß hat: Der Wirkungsgrad der benutzten Kammer wurde mit einem Fehler unter 3% für alle Gase zwischen 80,3 und 83,8% liegend berechnet. Zur Gewinnung des differentiellen Ionisierungsaufwandes ε wurden theoretische

Werte des Bremsvermögens von Elektronen in Materie nach der Theorie von BETHE benutzt, wobei die erforderlichen I-Werte kritisch und mit weitesten Fehlergrenzen aus der Literatur ausgewählt wurden. Die erhaltenen Werte der spezifischen totalen Ionisation S und des Ionisierungsaufwandes ε betragen, bezogen auf 760 mm Hg-Säule und 0° C:

	H_2	N_2	A	CH_4	Luft
S (cm^{-1})	13,0 ± 0,8	79,9 ± 5,0	131,4 ± 8,0	77,2 ± 4,6	83,6 ± 5,0
ε (eV)	31,6 ± 1,9	32,3 ± 1,9	23,7 ± 1,4	25,1 ± 1,5	31,9 ± 1,9

Es erscheint bemerkenswert, daß der in der jüngsten Zeit wiederholt angezweifelte, als internationaler Standardwert gültige, weil bisher genaueste ε-Wert für Luft (32,5 eV für mittelschnelle Elektronen), der nach seinem Autor GERBES für hohe Energien asymptotisch den Wert 31,6 eV annehmen soll, recht genau erreicht wird.

Eine ausführliche Darstellung der skizzierten eigenen Untersuchung sowie eine Gegenüberstellung anderer Arbeiten soll an a. O. erfolgen.

Herrn Professor Dr. W. PAUL danke ich sehr für die Anregung und Unterstützung der Arbeit, ebenso danke ich Herrn Professor Dr. H.-G. BODE für die Zurverfügungstellung der Elektronenschleuder. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft bin ich für bewilligte Mittel sehr zu Dank verpflichtet.

Universitäts-Hautklinik Göttingen (Direktor: Prof. Dr. H.-G. BODE)

B. MARKUS

Eingegangen am 23. Mai 1959

Kinematographie der Bewegung von Gitterfehlern in Goldkristallen

Es sind zwei Möglichkeiten bekannt, Gitterfehler in dünnen Kristallen elektronenmikroskopisch sichtbar zu machen: Erstens stark veränderter Bildkontrast auf Grund elastischer Gitterverspannung in der Umgebung fehlgeordneter Kristallbereiche bei normaler Durchstrahlungsabbildung und zweitens Interferenzeffekte bei der Abbildung übereinanderliegender Kristalle, sog. Moiré-Muster. Beide Methoden werden einzeln und kombiniert verwendet, um die Bewegung von Gitterfehlern in dünnen Goldschichten unter dem Einfluß thermisch hervorgerufener elastischer Beanspruchung zu beobachten und die auftretenden Bewegungserscheinungen kinematographisch zu registrieren.

Die direkte elektronenmikroskopische Beobachtung der Bewegung von Versetzungen und Stapelfehlern in dünnen Goldschlägerfolien schließt an ähnliche Arbeiten von P. B. HIRSCH u. Mitarb.[1]) an. Diesen Autoren gelang es, die seit den Anfängen der Elektronenmikroskopie bekannte kinematographische Registrierung[2]) auf Bewegung von Versetzungen anzuwenden und die Ergebnisse theoretisch gründlich zu diskutieren. Gegenüber diesen Arbeiten an Folien aus *Aluminium* und rostfreiem *Stahl* bestanden bei unseren *Gold*-Untersuchungen wegen des hohen Atomgewichtes und der nicht beliebig zu verringernden Dicke der durchstrahlten Folien vor allem Intensitätsschwierigkeiten. Die letztlich verwendeten Goldfolien hatten eine Dicke von etwa 300 Å und waren rein mechanisch durch Ausschlagen in Verbindung mit einer stabilisierenden Ag-Schicht, die am Schluß weggelöst wurde, hergestellt (Zwischgold)[3]). Außerdem wurden sehr dünne Goldkristalle benutzt, die durch Reduktion von Goldchloridlösung erhalten worden waren. Diese Kristalle wachsen gelegentlich „spiralig", so daß übereinanderliegende, schwach gegeneinander verdrehte einkristalline Goldschichten auftreten[7]), an denen Rotationsmoirés sichtbar werden.

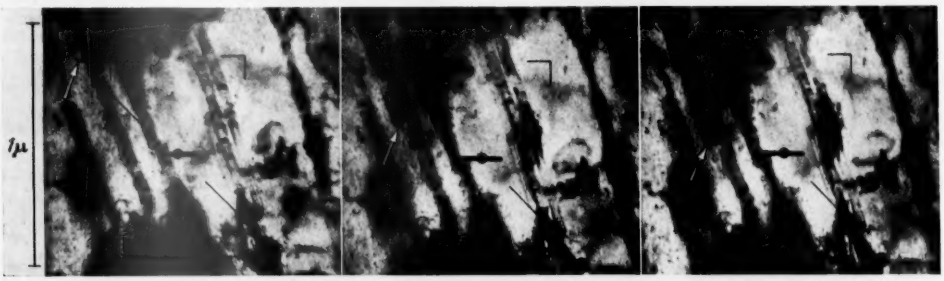


Fig. 1. Aus einer Aufnahmeserie der Bewegung von Versetzungen und Stapelfehlern in Zwischgold-Folien bei direkter elektronenmikroskopischer Durchstrahlungsabbildung; $V = 45000$; Wiedergabe $V = 39000$

Fig. 2. Aus einer Aufnahmeserie der Bewegung von Gitterfehlern, die durch Moiré-Muster in übereinanderliegenden Goldeinkristallen sichtbar werden; $V = 45000$; Wiedergabe $V = 39000$

Wir filmten jedoch nicht nur die Bewegung von Versetzungen in *einer* durchstrahlten Folie, sondern erstmalig auch ähnliche Vorgänge in *zwei* übereinanderliegenden Schichten, in denen die Gitterfehler durch Moiré-Muster angezeigt wurden[4]), [5]), [6]).

Besonders vorteilhaft ist, daß die kristallographische Orientierung aus dem Habitus der Kristalle leicht feststellbar ist und daß man im Bereich der Kante eines aufgewachsenen Kristalls die Bewegung von Gitterfehlern sowohl direkt in normaler Durchstrahlungsabbildung als auch indirekt mit Hilfe von Moirés beobachten kann.

Die Untersuchungen wurden an einem Siemens-Elmiskop I bei 80 oder 100 kV Strahlspannung mit Kleinfeldbeleuchtung unter Verwendung des Doppelkondensors durchgeführt. Das Bild des um 45° gekippten Leuchtschirmes wurde durch das vordere Einblickfenster teils mit Hilfe einer Paillard-Bolex-H 16-Reflex-Kamera gefilmt, teils als Serienaufnahmen mit einer 24 × 24 mm Robot Royal erhalten. Die Bolex-Kamera war mit einem 25 mm 1:0,95 Berthiot-Objektiv ausgerüstet. Als Filmmaterial diente Eastman-Tri-X 27/10 DIN-Negativfilm. Die Aufnahmegeschwindigkeit betrug 8 Bilder/sec.

Die Fig. 1 und 2 geben je zwei Bildreihen von Zwischgold in direkter Durchstrahlung und von Goldeinkristallen mit Moiré-Mustern bei 40000facher Original-Vergrößerung wieder. Die Aufnahmen von Fig. 1 zeigen Stapelfehler mit sich bewegenden Versetzungen; Fig. 2 läßt Gitterfehler und laufende Versetzungen erkennen. Leider können Einzelbilder keinen Eindruck von den lebhaften Bewegungserscheinungen geben, die sich beim Ablauf der Filmaufnahmen zeigen. Über Einzelheiten und Ergebnisse des Untersuchungskomplexes wird zu gegebener Zeit berichtet werden.

Wir danken der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Heidelberg für die Erlaubnis, das Elmiskop I zur Untersuchung zu benutzen, und der Arbeitsgemeinschaft für Elektronenoptik sowie den Wirtschaftsministerien des Bundes und des Landes Baden-Württemberg für ihre Unterstützung.

Physikalisches Laboratorium Mosbach, Mosbach i. Baden

H. Poppa und K. J. Schulze

Eingegangen am 4. April 1959

[1]) Hirsch, P. B., R. W. Horne u. M. J. Whelan: Phil. Mag. 1, 677 (1956). — Whelan, M. J., P. B. Hirsch, R. W. Horne u. W. Bollmann: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A 240, 524 (1957). — [2]) Brüche, E., u. H. Johannson: Ann. Phys. 15, 145 (1932). — [3]) Brüche, E., u. K. J. Schulze: Z. Physik 153, 571 (1959). — [4]) Bassett, G. A., J. W. Menter u. D. W. Pashley: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. A 246, 345 (1958). — [5]) Rang, O., u. H. Poppa: Z. Physik 153, 643 (1959). — [6]) Suito, E., u. N. Uyeda: Proc. Int. Conf. Electron Microscopy, London 1954, p. 223. — [7]) Brüche, E., u. J. Demny: Z. Naturforsch. (im Druck).

Messungen an Einzelteilchen in Schwaden von atomtechnischen Versuchen

Im Herbst 1958 wurde in Freiburg i. Br. das häufige Auftreten von Einzelteilchen mit Aktivitäten um und über 10^{-3} µC beobachtet. Zur orientierenden Untersuchung der Eigenschaften der Teilchen wurde von der Luftfilterprobe vom 20./21. 11. 58 (1068 m³ filtriert mit Aerosolfilter) eine Autoradiographie mit 15 Std Belichtungszeit angefertigt. Neben zahlreichen schwachen Schwärzungspunkten wurden drei sehr starke mit totaler Schwärzung in einem Kreis von 1 bis 2 mm Durchmesser gefunden. Diese Teilchen wurden mit kleinen Feldern (5×5 mm²; 0,5% der Gesamtfläche) aus dem Aerosolfilter herausgeschnitten und einzeln untersucht. Der Rest des Filters wurde nach dem normalen Routineverfahren verarbeitet. Die Messung der Aktivitäten ergab folgende Werte:

	β-Aktivität*)	γ-Aktivität*)
Einzelteilchen 160	$3{,}2 \cdot 10^{-3}$ µC	$4{,}0 \cdot 10^{-3}$ µC
Einzelteilchen 161	$0{,}63 \cdot 10^{-3}$ µC	$0{,}71 \cdot 10^{-3}$ µC
Einzelteilchen 162	$0{,}67 \cdot 10^{-3}$ µC	$0{,}52 \cdot 10^{-3}$ µC
Filterrest B 845	$2{,}7 \cdot 10^{-3}$ µC	$4{,}1 \cdot 10^{-3}$ µC

*) β-Aktivität Eichung mit K^{40}; γ-Aktivität Eichung mit Cs^{137}. Messungen vom 24. bis 26. 11. 58.

Von der in 24 Std abgeschiedenen Spaltproduktaktivität wurde also mehr als die Hälfte von einem einzigen Teilchen geliefert.

Aus dem zeitlichen Abfall der Aktivität der Probe B 845 ergibt sich das Alter der Bombenprodukte zu ungefähr 1 Monat. Unter der Annahme, daß das Teilchen 160 durch reine Sedimentation aus großer Höhe abgeschieden wurde, ergibt sich dann ein Teilchendurchmeser von etwa 7 µ. Der Wert ist sehr unsicher, dürfte aber einen Begriff von der maximalen Größe geben. Aus der Aktivität und dem Alter läßt sich die Masse der Spaltprodukte in der Partikel ermitteln. Mit dem Ansatz, daß die γ-Aktivität von 1000 kg Spaltprodukt $6 \cdot 10^{12}/T^{1,2}$ Curie (T in Stunden) beträgt[1]), ergibt sich für das Teilchen 160 eine Spaltproduktmasse von etwa $1{,}8 \cdot 10^{-12}$ g. Bei einem spezifischen Gewicht von 8 g/cm³ ist das Volumen dann $2{,}2 \cdot 10^{-13}$ cm³, und der Durchmesser berechnet sich zu 0,4 µ. Dieser Wert ist eine Abschätzung der unteren Grenze der Teilchengröße, denn er berücksichtigt nur den Spaltproduktanteil. Eine andere Abschätzung der Teilchengröße ist aus der Zerfallsrate möglich. Die β-Aktivität des Teilchens 160 ($\sim 3 \cdot 10^{-3}$ µC), dessen effektive Halbwertszeit zu etwa 50 d gemessen wurde, bedeutet die Existenz von ungefähr $7 \cdot 10^{8}$ rad. Atomen und einen Durchmesser von etwa 0,2 µ zum Zeitpunkt der Messung. Auch dieser Durchmesser bedeutet einen unteren Grenzwert, denn inaktive Beimengungen (bei der Bildung und von abgeklungenen Spaltprodukten) sind nicht berücksichtigt.

Die Messung des zeitlichen Abklingens der Aktivität der Einzelteilchen während 3 Monaten ergab keinen exponentiellen Abfall. Dies deutet darauf hin, daß die Einzelteilchen immer noch aus einer relativ großen Zahl von Spaltproduktkomponenten verschiedener Halbwertszeit bestehen. Das γ-Spektrum des Teilchens 160 ist in Fig. 1 dargestellt. Der überwiegende Teil der γ-Strahlung stammt von Zr-95 und Nb-95 (Zr 95, 65d, 0,754 MeV; Nb-95, 35d, 0,77 MeV). Daneben sind noch deutlich erkennbar Ce-144 (290d, 0,134 MeV) und Ce-141 (33d,

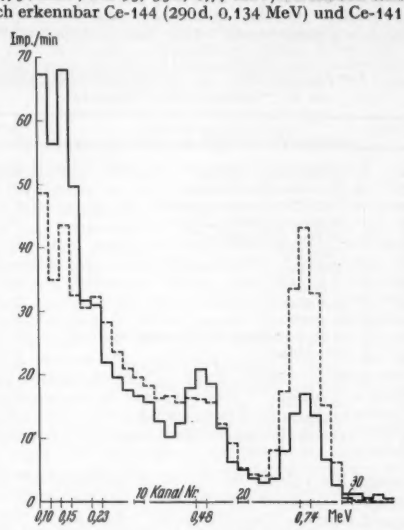


Fig. 1. γ-Spektrum eines aktiven Einzelteilchens (gestrichelte Kurve) und des Filterrestes (ausgezogene Kurve) einer Luftfilterprobe vom 20./21. 11. 58, gemessen am 24. und 26. 11. 58

0,145 Mev). Zum Vergleich ist das γ-Spektrum der Probe B 845 (Filterrest von SchL 20./21. 11. 58, 1068 m³) eingezeichnet. Das Spektrum des Einzelteilchens zeigt deutliche Unterschiede. Während der Zr-95, Nb-95 Anteil stark erhöht ist, fehlt das im Filterrest vorhandene Ru-103 (40d, 0,495 MeV) vollständig.

Das Ergebnis der orientierenden Messung zeigt, daß die in Bombenschwaden auftretenden aktiven Einzelteilchen nicht die normale Spaltproduktzusammensetzung aufweisen. Dies ist verständlich unter der Annahme, daß ihre Bildung unmittelbar nach der Explosion bei der Kondensation der Spaltprodukte erfolgt, wobei die verschiedene Flüchtigkeit der gebildeten Elemente und die teilweise Entstehung langlebiger Isotope über flüchtige kurzlebige Zwischenglieder eine wesentliche Rolle spielt.

Physikalisches Institut der Universität, Freiburg i. Br.

A. Sittkus

Eingegangen am 16. April 1959

[1]) Bhabha, H., u. Mitarb.: Atom-Aufstieg oder Untergang. Wiesbaden: Krauskopf 1957.

Der Sr^{90}-Gehalt verschiedener Graslandproben im Bundesgebiet in Abhängigkeit vom Sr^{90}-Gehalt der zugehörigen Böden

Kürzlich wurde von uns in dieser Zeitschrift[1]) über den Sr^{90}-Gehalt von 22 Bodenproben berichtet, die nach einheitlichem Plan im Jahre 1957 von repräsentativen, über das Bundesgebiet verteilten Grünlandparzellen durch den Deutschen Pflanzenschutzdienst genommen worden waren. Die Werte liegen im Mittel bei 5,1 mC/km² und 10 cm Bodentiefe, wobei der höchste Wert (13,8 mC) in München und der niedrigste (1,7 mC) in Kandel/Pfalz gefunden wurde. Zeitlich mit der Bodenprobenentnahme zusammenfallend, wurden von den Kontrollflächen auch Grasproben gezogen. Die chemische Aufbereitung des lufttrockenen Pflanzenmaterials erfolgte in Anlehnung an die bei der Bodenuntersuchung von uns angewandten Methodik[1]), nachdem die Proben unter Zusatz von Strontiumträger bei etwa 500° C verascht und anschließend erschöpfend mit verdünnter HCl extrahiert worden waren.

Die Y^{90}-Aktivität wurde im Y-Oxalat-Niederschlag mit einem Fensterzählrohr und Verwendung eines automatischen Probenwechslers gemessen und durch Ausgleichrechnung aus dem über 120 Std beobachteten Abfall der Intensität die Anfangsaktivität für jede Grasprobe zum Zeitpunkt ihrer Entnahme bestimmt (Tabelle). Die Werte schwanken von 18,3 bis 108,2 μμC/100 g Heu (Lufttrockenmasse) und liegen im Mittel bei 49,0 μμC. Die Abweichungen dürften in erster Linie auf den unterschiedlichen Sr^{90}-Gehalt der Böden und den voneinander abweichenden Pflanzenbestand der untersuchten Grünlandparzellen zurückzuführen sein. Darüber hinaus ist auch die unmittelbar aus der Atmosphäre auf die oberirdischen Pflanzenteile gelangende Sr^{90}-Aktivität zu berücksichtigen.

Tabelle. *Sr^{90}-Radioaktivität in Grünlandpflanzen (Weidegras)* (in 10^{-12} C/100 g Lufttrockenmasse)

Probe Nr.	Herkunft der Proben	Sr^{90}
2	Hamburg-Schnelsen	39,21
3	Frankfurt/M.-Hausen	25,25
4	Niederkaufungen (Kassel)	48,92
5	Waterneverstorf (Kiel)	39,41
6	Metten (Deggendorf)	51,04
7	München	108,22
12	Würzburg	18,27
17	Stuttgart	63,79
18	Bayreuth	34,19
19	Bremen	63,99
21	Niedertraubling 10 (Regensburg)	28,10
22	Oldenburg	59,40
24	Gmde Friesenried (Augsburg)	49,02
25	Ägirbad (Berlin-Lichterfelde)	29,94
26	Ansbach	69,60
30	Maximiliansau (Kandel/Pfalz)	45,96
31	Gmde. Grötzingen (Karlsruhe)	58,73

Um den Einfluß der im Boden befindlichen Sr^{90}-Mengen auf den Sr^{90}-Gehalt der Grasproben feststellen zu können, ist die Umrechnung der Aktivität in der lufttrockenen Pflanzensubstanz von μμC/100 g Trockenmasse auf mC/km² erforderlich. Da keine Ertragsermittlung von den Grünlandparzellen durchgeführt wurde, müssen Schätzwerte herangezogen werden. Allerdings dürfte es zu keinen wesentlichen Abweichungen führen, wenn der im Bundesgebiet maßgebliche Durchschnittsertrag des Grünlandes zugrundegelegt und beachtet wird, daß die Probeentnahme durchweg nach dem 1. Schnitt erfolgt ist, was einem Heuertrag von etwa 25 bis 30 dz/ha entspricht.

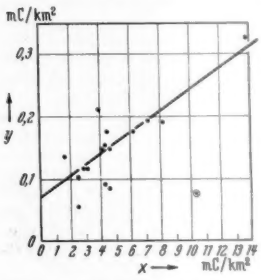


Fig. 1. Sr^{90}-Radioaktivität in Grünlandpflanzen (Ordinate y) in Abhängigkeit von der Sr^{90}-Radioaktivität im Boden bei 10 cm Bodentiefe (Abszisse x), beide gemessen in mC/km³. Der Meßpunkt ⊙ (Frankfurt/M.-Hausen) ist nicht ausgewertet worden

Die zwischen dem Sr^{90}-Gehalt der Böden und den dazugehörigen Grasproben bestehende positive Korrelation (Fig. 1) läßt sich durch die Regressionsgerade $y = 0{,}173\,x + 0{,}70$ beschreiben, wobei x die in HCl lösliche Sr^{90}-Menge im Boden und y das in der Pflanze gefundene Sr^{90} bedeuten. Die Streuung der Werte wird im wesentlichen von den unterschiedlichen, unmittelbar aus der Atmosphäre auf die Pflanzen gelangenden Sr^{90}-Mengen, den für sämtliche Graslandproben gleich hoch angesetzten Flächenerträgen und schließlich von dem Gehalt an austauschbarem Kalk in den verschiedenen Böden verursacht. Aber auch der Kaligehalt der Böden ist nach LIBBY[2]) von nicht unerheblichem Einfluß auf die Aufnahme des Radiostrontiums durch die Pflanze. Die in den Grasproben aufgefundenen Sr^{90}-Mengen entsprechen im Mittel etwa 3,3% des Angebots. Die Werte liegen etwas höher als die, welche FULLER und FLOCKER[3]) mit Sr^{90} an verschiedenen Böden in USA gemessen haben.

Aus der obigen Beziehung folgt weiterhin, daß der Sr^{90}-Anteil, der unmittelbar aus der Atmosphäre stammt, keineswegs unbeträchtlich sein dürfte.

Eine ausführliche Darstellung der Meßmethodik und der Untersuchungsergebnisse erfolgt demnächst an anderer Stelle.

Bei der Durchführung der chemischen Analyse und der physikalischen Messungen erfuhren wir durch Fräulein U. HÜBNER und Herrn U. MARCKWORDT wertvolle Unterstützung. Beiden sei an dieser Stelle besonders gedankt.

Physikalisches Institut der Universität, Freiburg i. Br.
ALBERT SITTKUS

Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Büntehof, Hannover
ERWIN WELTE

Eingegangen am 16. April 1959

[1]) WELTE, E., u. A. SITTKUS: Naturwiss. 45, 463 (1958). — [2]) LIBBY, W. F.: Science 128, 1134 (1958). — [3]) FULLER, W. H., u. W. J. FLOCKER: Technical Bulletin 130 Arizona Agric. Exp. Stat. Tucson (1955).

Darstellung von polymerem Phosphormonoxyd

Polymeres Phosphormonoxyd wurde nach zwei verschiedenen Methoden dargestellt:

1. Durch Elektrolyse in wasserfreiem $POCl_3$. Eine bei 0° C gesättigte Lösung von $(C_2H_5)_3NHCl$ in $POCl_3$ wurde unter Eiskühlung an Pt-Elektroden elektrolysiert. Der Elektrolyt-Zusatz dient lediglich zur Erhöhung der geringen Eigenleitfähigkeit des Solvens. An der Anode wird Cl_2 entwickelt, das quantitativ in $POCl_3$ gelöst bleibt, während sich an der Kathode eine feste, braun gefärbte Substanz von der Bruttoformel $(PO)_n$ abscheidet. Ihr Phosphorgehalt wurde nach Oxydation der Probe mit HNO_3 und Fällung als Ammoniumphosphormolybdat maßanalytisch bestimmt (gef. 65,2; 66,0; 66,0% P, ber. 65,8). Das Phosphormonoxyd läßt sich im O_2-Strom bei 300° C zu P_2O_5 oxydieren, wodurch eine indirekte Sauerstoffbestimmung ermöglicht wird, die gleichfalls die Formel $(PO)_n$ bestätigt. Das polymere Phosphormonoxyd ist gegen Wasser beständig und darin unlöslich, wird aber durch wäßrige Alkalien unter PH_3-Entwicklung zersetzt. Ein Lösungsmittel für die Molekulargewichtsbestimmung konnte bisher nicht gefunden werden. $(PO)_n$ ist teilweise röntgenamorph, für den kristallisierten Anteil ergab die Debye-Scherrer-Aufnahme ein kubisches Gitter mit der Konstante $a_0 = 6{,}46$ Å. Offensichtlich erfolgt die kathodische Bildung von $(PO)_n$ nach:

$$POCl_3 \rightleftharpoons POCl_2^+ + Cl^-$$

$$3\,n\,POCl_2 = (PO)_n + 2\,n\,POCl_3.$$

2. Aus $POBr_3$ durch Reaktion mit Magnesium. Eine Lösung von $POBr_3$ in absolutem Äther reagiert bei der Siedetemperatur langsam mit metall. Mg nach der Gleichung:

$$2\,n\,POBr_3 + 3\,n\,Mg = 2\,(PO)_n + 3\,n\,MgBr_2,$$

entsprechend dem Verhalten von $PSBr_3$ gegen Mg[1]). Das nach 2. gewonnene $(PO)_n$ ist zwar analytisch identisch mit dem nach 1. erhaltenen, aber völlig röntgenamorph und wesentlich reaktionsfähiger, es wird z. B. schon von feuchter Luft hydrolytisch zersetzt.

$POCl_3$ reagiert dagegen nicht mit Mg, weder als reines Solvens bei 105° C noch in ätherischer Lösung bei 35° C.

Institut für Anorganische Chemie der Technischen Hochschule, Braunschweig
H. SPANDAU und A. BEYER

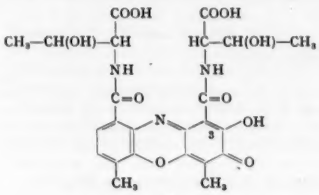
Eingegangen am 21. April 1959

[1]) KUCHEN, W., u. H. G. BECKERS: Angew. Chem. 71, 163 (1959).

Hydrolytischer Abbau von Actinomycinen

Aus dem Bromwasserstoffsäure-Hydrolysat (24% HBr, 38 Std, 85°) von Actinomycin C [Gemisch aus Actinomycin C_2 und C_3 mit wenig Actinomycin C_1[1])] erhielten wir nach milder, den Chromophor schonender Alkalihydrolyse (0,1 n NaOH, 3 Std bei 40°) und chromatographischer Abtrennung (Aluminiumoxyd) der frei gesetzen Aminosäuren (N-Methylvalin, Sarkosin, D-allo-Isoleucin, D-Valin, Prolin) eine Fraktion, die an der Cellulosesäule im System Methyl-n-propylketon + Butylacetat (2:3)/Essigsäure-Ameisensäure-Puffer (p_H 1,2) drei Zonen bildete. Die mit dem kleinsten R_F-Wert enthielt eine Verbindung, die aus mit n-Dibutyläther gesättigtem Wasser in feinen, orangeroten Nadeln vom Schmp. 214° Zers. (Berl-Block, korrig.) kristallisierte. $[\alpha]^{20}_{636\,\mu}$: $+106 \pm 5°$, in Methanol. $C_{24}H_{25}N_3O_{11}$ (531,5) Ber. C 54,23, H 4,72, N 7,91; Gef. C 54,39, H 4,92, N 8,03.

Dieses Abbauprodukt konnten wir durch Vergleich mit einem synthetischen Präparat als Desamino-actinocinyl-bis-[L-threonin] (I) identifizieren (Schmp. Misch-Schmp., Absorptionsspektrum, IR-Spektrum, R_F-Wert).



I

OH an C_3=NH_2
COOH=$COOCH_3$

II

(I) wurde aus Actinocinyl-bis-[L-threoninmethylester] (II) durch 4stündiges Kochen mit 50%iger Essigsäure und anschließende Verseifung mit verdünntem Alkali (so modifiziert, daß der Chromophor intakt bleibt) gewonnen. Orangerote Nadeln vom Schmp. 214° Zers. (Berl-Block, korrig.) $[\alpha]_D^{20}$: $+103° \pm 5°$, in Methanol. $C_{24}H_{25}N_3O_{11}$ (531,5) Ber. C 54,23, H 4,72, N 7,91; Gef. C 54,26, H 5,03, N 7,98.

Mit unserem Abbau- und Trennungsverfahren läßt sich bei allen Actinomycinen 1. anders als bisher[2]) die Konstitution des Chromophors ermitteln und 2. feststellen, ob die Carboxygruppen des Chromophors mit Threonin verknüpft sind.

Organisch-Chemisches Institut der Universität, Göttingen

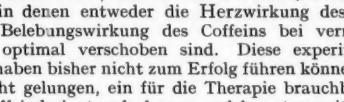
HANS BROCKMANN und HANS-SIEGHARD PETRAS

Eingegangen am 15. April 1959

[1]) BROCKMANN, H., u. H. GRÖNE: Chem. Ber. **87**, 1036 (1954). — [2]) BROCKMANN, H., u. K. VOHWINKEL: Chem. Ber. **89**, 1337 (1956).

Synthese neuer Coffeinderivate mit geringerer Giftwirkung und stärkerer Wirkung als Coffein

Coffein gilt allgemein als ein ungiftiges Genußmittel. Während die Belebungswirkung im Vordergrund pharmakotherapeutischer Anwendung steht, sind doch die Herzstörungen, welche nach übermäßigem und andauerndem Coffeingenuß auftreten, sehr unangenehm. Es sind bereits zahlreiche Versuche[1–5]) unternommen worden, Derivate aufzubauen, in denen entweder die Herzwirkung des Coffeins oder die Belebungswirkung des Coffeins bei verminderter Toxizität optimal verschoben sind. Diese experimentellen Versuche haben bisher nicht zum Erfolg führen können; es war bisher nicht gelungen, ein für die Therapie brauchbares veredeltes Coffeinderivat aufzubauen, welches etwa mit den veredelten Derivaten des Morphins oder anderer Wirkstoffe des Naturreiches verglichen werden könnte. Nach der Synthese[6]) einer großen Zahl von Theophyllin- und Coffeinderivaten hatten wir in den Coffein-(8)-alkanolaminen der nachfolgenden allgemeinen Konstitution



in welcher R=H, $-CH_3$, $-C_2H_5$, allgemein Alkyle mit 1 bis 4 C-Atomen, R_1=H oder Alkyle, R_2=H, OH, Alkyle oder Aryl, R_3=H, Alkyle, $-OH$, $-O-CH_3$, $-O-C_2H_5$, R_4=H oder Alkyle mit 1 bis 5 C-Atomen oder Phenyl, n = 0 oder 1 bedeuten, eine Körperklasse gefunden, die drei- bis sechsmal weniger giftig und dazu pharmakodynamisch stärker wirksam ist als Coffein.

Die Synthese dieser Substanzen erfolgte durch Umsetzung von 8-Halogen-Coffeinen mit Alkanolaminen. Die Ausbeuten sind gut und betragen durchschnittlich 80 bis 90%. Wir wollen diese Verbindungen, über deren pharmakologische (Professor ÖLSSNER) und klinische Untersuchungen von anderen Seiten berichtet wird, in der Literatur kurz als Coffanolamine bezeichnen.

Die Konstanten der wichtigsten Substanzen dieser Körperklasse[7]) sind β–N–[Coffeino-(8)]-amino-äthanol, Schmp.: 239 bis 241° C, β–N–Methyl-β-[Coffeino-(8)]-amino-äthanol, Schmp.: 162 bis 164° C, γ-N-[Coffeino-(8)]-amino-propanol-(3), Schmp.: 224 bis 226° C.

Wissenschaftliches Privat-Forschungslabor, Berlin-Zehlendorf, Jänichestraße 13

JOSEF KLOSA (Berlin) und HANS STARKE (Dresden)

Eingegangen am 13. April 1959

[1]) FISCHER, E.: Liebigs Ann. Chem. **215**, 283 (1882). — [2]) CRAMER, L.: Ber. dtsch. chem. Ges. **27**, 9098 (1894). — [3]) EINHORN, A., u. E. BAUMEISTER: Ber. dtsch. chem. Ges. **31**, 1138 (1898). — [4]) GOMBERG, J.: Amer. Chem. J. **23**, 51 (1901). — [5]) BLICKE, F.F., u. H.C. GODT jr.: J. Amer. Chem. Soc. **76**, 2835 (1954). — [6]) KLOSA, J.: 5. u. 6. Mitt. über Synthesen in der Theophyllinreihe. J. prakt. Chem. **6**, 182, 187 (1958). — [7]) Zahlreiche weitere Substanzen sind die Grundlage einer Anzahl von Patentanmeldungen in Deutschland und dem Auslande.

Beitrag zur Kenntnis von Mutterkornalkaloiden

Aus deutschem Roggenmutterkorn konnten wir – wie kürzlich berichtet[1]) – ein Alkaloid isolieren und auf dessen etwaige Identität mit dem aus japanischem Gräsermutterkorn von ABE und YAMATODANI[2]) gewonnenen Secaclavin (Alkaloid X) hinweisen. Nach neuesten Angaben von ABE[3]) bestand jedoch die Möglichkeit, daß Secaclavin mit Chanoclavin, einem von HOFMANN, BRUNNER, KOBEL und BRACK[4]) aus saprophytischen Kulturen des Mutterkornpilzes von afrikanischer Kolbenhirse isolierten und in seiner Struktur aufgeklärten Alkaloid, identisch ist. Secaclavin (Alkaloid X)*), Chanoclavin*) und die von uns abgetrennte Substanz wurden daher papierchromatographisch überprüft. Hierzu fanden die Lösungsmittelsysteme Butanol-Eisessig-Wasser 4:1:5, Butanol-Pyridin-Wasser 4:1:5, Äthylacetat-Wasser 1:1 (jeweils auf unbehandeltem Papier), Äther-Aceton-Wasser 2:4:2 (Papier mit 0,2%iger Weinsäurelösung getränkt), wassergesättigtes Chloroform (p_H 7-gepuffertes Papier) und Chloroform (formamidgetränktes Papier) Anwendung. Die genannten Verbindungen wiesen gleiche *Rf*-Werte auf. Bei Mischchromatogrammen ließ sich gleichfalls lediglich ein Fleck nachweisen. Die Identität von Chanoclavin, Secaclavin und dem von uns aufgefundenen Alkaloid erscheint somit gesichert.

Die aus Breitkeilchromatogrammen isolierte und in einer Anzahl Roggenmutterkornproben quantitativ bestimmte Menge Alkaloid[1]) ließ sich weiterhin auftrennen, wobei neben Chanoclavin, welches einen wesentlichen Anteil bildet, mindestens zwei weitere, bisher nicht identifizierte Alkaloide vom Clavin-Typ nachweisbar sind. Hierüber wird an anderer Stelle zu berichten sein.

Pharmazeutisches Institut der Humboldt-Universität, Berlin (Direktor: Prof. Dr. F. WEISS)

R. VOIGT

Eingegangen am 26. April 1959

*) Herrn Dr. M. ABE, Osaka, und Herrn Dr. A. HOFMANN, Basel, sind wir für die freundliche Überlassung von Reinsubstanz zu außerordentlichem Dank verpflichtet.

[1]) VOIGT, R.: Naturwiss. **46**, 77 (1959). — [2]) ABE, M., u. T. YAMATODANI: J. Agric. Chem. Soc. Japan **28**, 501 (1954). — [3]) ABE, M.: Privatmitteilung. — [4]) HOFMANN, A., R. BRUNNER, H. KOBEL u. A. BRACK: Helv. chim. Acta **40**, 1358 (1957).

Kaempferol from Flowers of Ervatamia Coronaria Stapf

On account of its immense therapeutic value[1]) Ervatamia Stapf., Syn., Tabernaemontana R. Br. (Apocynaceae) early attracted attention. Although the milky latex, the bark and the root of the genus have been extensively examined for various plant products, no mention so far appears to have been made of the presence of flavonoids. The isolation of a crystalline flavonoid compound from the flowers of the species is now reported.

The ethanol extract on purification by suitable solvent fractionation, and subsequent treatment with neutral and basic lead acetate yielded a semi-solid product. The cyanidin test[2]) indicated the presence of flavonoids, and chromatographic examination revealed the presence of a single flavonoid compound. A yellow solid was obtained by hydrolysis of the semi-solid which was purified by fractionation on alumina, and yielded light yellow needles after several crystallizations from dilute pyridine. The acidic cyanidin and WILSON's boric acid tests[2]),[4]) were positive confirming the presence of a flavonol. It was identified as Kaempferol by its melting point 276 to 278°

[lit.[3]) 276 to 278°] and mixed melting point with an authentic sample of Kaempferol and gave an acetate, m.p. 180 to 182° [lit.[3]) m.p. 181°].

Further confirmation of the identity of the aglycone was furnished by co-chromotography [cf. [5]),[6])]. The spots were revealed in U.V. light, U.V. light and ammonia vapours, by spraying with solutions of ferric chloride, diazotized p-nitro aniline and bis-diazotized benzidine, R_F 0·86. The aglycone on microdegradation[6]),[7]) followed by the chromatographic examination of the fragments revealed two spots by spraying with diazotized p-nitro-aniline and sodium carbonate, and bis-diazotized benzidine, indistinguishable from those of authentic samples of phloroglucinol and p-hydroxy benzoic acid, R_F (phenol) 0·69; R_F (acid) 0·87.

The authors express their gratefulness to Prof. T. R. Seshadri of Delhi University for the gift of a sample of Kaempferol.

Dept. of Chemistry, Muslim University, Aligarh (India)

M. O. Farooq, W. Rahman and M. Ilyas

Eingegangen am 4. Mai 1959

[1]) The Wealth of India, Vol. III, p. 192. New Delhi: Council of Scientific & Industrial Research 1952. — [2]) Asahina, Y., and M. Inubuse: Chem. Ber. 61B, 1646 (1928). — [3]) Sannie, Ch., and H. Sauvain: Mém. Mus. nat. Hist. Natur., Paris, Ser. B 2, 195 (1952). — [4]) Wilson, C. W.: J. Amer. Chem. Soc. 61, 2303 (1939). — [5]) Swain, T.: Biochemic. J. 53, 200 (1953). — [6]) Bate-Smith, E. C., and T. Swain: J. Chem. Soc. [London] 1953, 2187. — [7]) Chopin, J., and H. Pacheco: Bull. Soc. Chim. biol. 40, 1593 (1958).

The Behavior of Disulfide Bonds of Serum and Plasma Proteins in Alkaline Hydrolysis. I. Effect of Heatcoagulation

The experiments of Van Scott and Flesch[1]) suggest that the disulfide bonds (SS) of epidermis and keratin may be reduced quantitatively to sulfhydril groups (SH) after hydrolysing these tissues in a solution containing 0·4 M NaOH and 2 M KCN. The reduced SS bonds were determined with Bennett's SH reagent[1]),[2]) chloromercuriphenylazo(-naphthol-2). Previously[2a]) we hydrolysed healthy human hair roots in 0·4 to 1% NaOH solution. The amount of reduced SS was too low related to the high cystin content of the hair. KCN did not enhance the reductive potency of alkali. By increasing the concentration of the NaOH solution used for hydrolysis to 6% the amount of reduced SS was raised threefold. Subsequently it was demonstrated that the alkali reducibility of SS bonds of mouse epidermis, organs and human hair depends — within certain limits — upon the concentration of NaOH used for hydrolysis[2]). However, the alkali reducibility of SS bonds of human sera hydrolysed at 100° C does not depend upon the alkali concentration[3]).

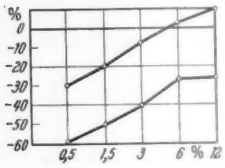


Fig. 1. The decrease of alkali reducibility of SS bonds of heat coagulated serumproteins as compared to the non coagulated sera. The values obtained in the different sera varied in the ranges denoted by the curves

It seems that many factors which influence the structure of proteins may change the alkali-reactivity of SS bonds. In these studies the effect of heat coagulation was examined in sera obtained from 57 fasted healthy persons. Sera were diluted with saline 5 to 6 fold and 0·5 ml of the dilution was introduced into each of 10 tubes. Into 5 tubes 1 ml of NaOH solution with increasing concentrations was added and placed for 15 minutes in boiling water bath. Into 5 tubes 3 ml of N acetate buffer (p_H 4·7 to 4·8) was added and coagulated for 30 minutes in boiling water bath. The heat coagulated protein was washed twice with water followed by centrifugation. Thereafter it was hydrolysed as above. The volume was filled up to 8 ml immediately and the amount of reduced SS bonds was determined colorimetrically with Bennet's reagent dissolved in toluene-aniline[2b]),[3]).

Results are illustrated in Fig. 1. The values of reduced SS bonds of the 57 sera amounted to 3100 to 3700 μg/ml serum expressed in cysteine. Related to the same serum the values agreed within ± 5% and did not depend upon the concentration of NaOH. In all sera the heat coagulation resulted in the decrease of the amount of reduced SS bonds, consequently they became more resistant to the reductive action of NaOH. The decrease of reducibility depended upon the concentration of NaOH, it was mainly pronounced in samples hydrolysed with solutions of low concentrations. The extent of decrease varied in the different sera.

Department of Dermatology, University Medical School, Szeged, Hungary

Z. M. Holló and Sz. Zlatarov

Eingegangen am 23. März 1959

[1]) Scott, E. J. van, and P. Flesch: Arch. Dermat. and Syph. 70, 141 (1954). — [2]) Holló, Z. M., and Sz. Zlatarov: a) Kisérletes Orvostud. 11, 51 (1959); b) J. Invest. Dermat. 31, 223, 227 (1958). — [3]) Holló, Z. M., and L. E. Sibalin: J. Invest. Dermat. 31, 219 (1958).

Über das bradykininbildende Prinzip des Bothrops-Giftes

Proteasenreiche *Schlangengifte* setzen, ähnlich wie Trypsin, aus Plasmaglobulinen einen pharmakologisch wirksamen Stoff (Bradykinin) frei, der am isolierten Darm eine langsam erfolgende Kontraktion verursacht und blutdrucksenkend wirkt[1]). In einer vorausgegangenen Arbeit des Instituts[2]) hatte sich zeigen lassen, daß die bradykininbildende Aktivität des Bothropsgiftes sich in der bei 60%iger Ammonsulfatsättigung ausfallenden Fraktion findet, die eine nur schwach proteolytische (Anson-Test), jedoch eine stark Fibrinogen koagulierende Wirkung besitzt. Auch Hamberg und Rocha e Silva[3]) kamen vor kurzem zu dem Ergebnis, daß die koagulierende, und nicht die proteolytische Wirkung mit der bradykininbildenden Aktivität insofern parallel geht, als nach kurzem Erhitzen der Toxinlösung die proteolytische Wirkung verschwand, während die beiden anderen Aktivitäten erhalten blieben. Da das partiell hitzeinaktivierte Gift aber auch noch eine esteratische Wirksamkeit besaß (Spaltung des Benzoyl-L-Argininmethylesters), blieb ungeklärt, ob das bradykininbildende Prinzip dem koagulierenden oder dem esterspaltenden zuzuordnen sei.

Ultrafiltriert (Membranfilter Lsg 60, Göttingen) oder *dialysiert* (Dialysierschlauch; Kalle) man eine Lösung von *Bothrops-jararaca-* oder *Crotalus-atrox*-Toxin, so findet man im Ultrafiltrat bzw. Dialysat keine Spur koagulierender und proteolytischer Wirksamkeit, wohl aber bradykininbildendes und esterspaltendes Prinzip. Ultrafiltrat und Dialysat enthalten auch nicht die tryptische, das *Amid* des Benzoylarginins spaltende Wirkungskomponente.

Das Handelspräparat Padutin "Bayer" *(Kallikrein)* verhält sich wie das Ultrafiltrat und Dialysat des Bothropsgiftes, indem es 1. aus Globulinen Bradykinin (Kallidin) bildet; 2. den Benzoyl-L-Argininmethylester spaltet; 3. nicht in der Lage ist, Fibrinogen zu koagulieren und das Amid des Benzoylarginins zu spalten.

Pharmakologisches Institut der Universität, Frankfurt a. M. (Direktor: Prof. Dr. P. Holtz)

Ch. Contzen, P. Holtz und H. W. Raudonat

Eingegangen am 26. April 1959

[1]) Rocha e Silva, M., W. T. Beraldo u. G. Rosenfeld: Amer. J. Physiol. 156, 261 (1949). — [2]) Holtz, P., u. H. W. Raudonat: Naunyn-Schmiedebergs Arch. exp. Pathol. Pharmakol. 229, 113 (1956). — [3]) Hamberg, U., u. M. Rocha e Silva: Experientia [Basel] 13, 489 (1957).

Die Ausscheidung der Estersulfate bei Ratten*)

Die Ausscheidung verschiedener Estersulfate, z. B. der Phenolsulfate, Steroidsulfate, der sulfathaltigen Mukopolysaccharide usw., durch den Urin von Säugetieren ist ein schon lange bekannter Vorgang. Die generellen Unterschiede im Estersulfatmuster unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Verhältnissen sind bisher aber nur sehr wenig bekannt. Bei Untersuchungen über die Estersulfate im Urin verschiedener Säugetiere — die Ergebnisse werden an anderer Stelle ausführlicher behandelt[1]) — zeigte sich im Urin der Ratten ein konstanter, geschlechtsgebundener Unterschied im Estersulfatmuster, den wir in der folgenden Mitteilung kurz beschreiben wollen.

10 weiblichen und 10 männlichen, 250 g wiegenden Ratten wurden intraperitoneal 2 bis 3 mc radioaktives Sulfat injiziert. Die Tiere wurden danach 24 Std in Stoffwechselkäfigen gehalten und erhielten Wasser ad libitum, aber kein Futter. Der in dieser Zeit ausgeschiedene Urin jeder Ratte wurde gesammelt, und mit 5 bzw. 25 μl wurde eine zweidimensionale Papierchromatographie nach Datta, Dent und Harris durchgeführt[2]).

Als Lösungsmittel wurden verwandt: I. Phenol-Wasser (400 g + 100 g). In das Chromatographiegefäß wurde ein Becher mit H_3N gestellt; II. Butanol-2 N H_3N (250 ml + 250 ml). Nach dem Trocknen wurden die Chromatogramme auf einen Gevaert-Curix-Röntgenfilm gebracht, eine Woche lang exponiert und mit Gevaert G.150 entwickelt. Auch die Papierelektrophorese (0,075 M Natriumacetat-Essigsäurepuffer, p_H 5,5, 30 V/cm) wurde mit je 5 µl der Urinportionen durchgeführt und die Elektropherogramme in der oben beschriebenen Weise autoradiographiert.

Aus Fig. 1 sind die erhaltenen Resultate ersichtlich. Das Chromato-Autoradiogramm zeigt eine große Anzahl mit S^{35} markierter Flecken. Sie liegen in einem bestimmten Muster geordnet, das mit geringen Abweichungen bei allen untersuchten Ratten beiderlei Geschlechts auftrat. Außer diesem Grundmuster zeigte sich bei allen weiblichen Ratten (links) ein charakteristischer Fleck im oberen zentralen Teil des Chromatogramms, der S-Region. Bei den männlichen Ratten (rechts) konnte diese Substanz in keinem Falle nachgewiesen werden. Auch bei der Papierelektrophorese wurde eine für das weibliche Geschlecht spezifische, langsam wandernde Verbindung beobachtet.

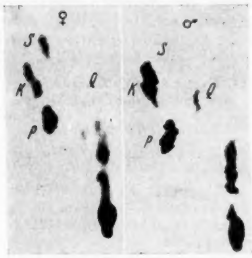


Fig. 1. Chromato-Autoradiogramm für männliche (rechts) und weibliche Ratten (links)

Da bekanntlich radioaktiver Schwefel in Sulfatform hauptsächlich von Estersulfatverbindungen und nur in geringem Ausmaß von anderen schwefelhaltigen Vereinigungen aufgenommen wird[3]), könnten aus den Untersuchungsergebnissen folgende Schlüsse gezogen werden:

1. Die unter den angegebenen Bedingungen auftretenden Flecken bestehen, abgesehen von vereinzelten Ausnahmen, aus Estersulfaten. Hierfür spricht auch die Tatsache, daß die nachgewiesenen Substanzen durch saure Hydrolyse zerstört werden, gegen alkalische Hydrolyse aber resistent sind[1]).

2. Der Urin von Ratten weist ein kompliziertes, aber charakteristisches Estersulfatmuster auf.

3. Beim Estersulfatmuster der Ratten besteht ein charakteristischer, geschlechtsgebundener Unterschied.

Im Hinblick auf den engen Zusammenhang der Sulfatbindung mit vielen wichtigen biochemischen Prozessen im tierischen Organismus scheint ein systematisches Studium der unter verschiedenen Verhältnissen auftretenden Variationen des Estersulfatmusters von Interesse zu sein.

Abteilung für Stoffwechselforschung, Wenner-Grens Institut, Stockholm, Schweden

HARRY BOSTRÖM und ANDERS VESTERMARK

Eingegangen am 17. April 1959

*) 2. Mitteilung der Reihe: Studien über Estersulfate, von den Nat. Inst. of Health, Bethesda, Md (A-2568 H & N) unterstützt.

[1]) BOSTRÖM, H., u. A. VESTERMARK: Acta physiol. scand. 1959 (im Druck). — [2]) DATTA, S. P., C. E. DENT u. H. HARRIS: Science **12**, 621 (1950). — [3]) BOSTRÖM, H., u. S. ÅQVIST: Acta chem. scand. **6**, 157 (1952).

Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Ringfleckenviren von Kulturkirschen und krautigen Pflanzen

Die nach ihren Fundorten als Eckelrader Krankheit und Pfeffinger Krankheit unterschiedenen Rosettenvirosen von *Prunus avium* L. und *Prunus cerasus* L. oder ein obligater Bestandteil eines Erregerkomplexes dieser Kirschenerkrankungen rufen nach mechanischer Übertragung auf Testpflanzen wie *Cucumis sativa* L., *Nicotiana tabacum* L., *Petunia hybrida* VILM. und *Solanum lycopersicum* L. Ringfleckensymptome hervor. Da die physikalischen Daten der Virusisolate sowie ihr biologisches Verhalten und der Übertragungsmodus denen des Tabak-Ringfleckenvirus ähneln, lag es nahe, sie zu seiner weitverbreiteten Verwandtschaftsgruppe zu stellen[1]). Es konnte aber schon mehrfach gezeigt werden, daß innerhalb dieses Verwandtschaftskreises deutliche serologische Differenzen und Prämunitätsunterschiede auftreten, die unter Umständen eine Aufgliederung notwendig erscheinen lassen[2]). Deshalb prüften wir das serologische Verhalten von zwei Pfeffinger-Isolaten aus dem Baselland und dem Neckargebiet in Tabakpreßsäften (Antigenverdünnung mit physiologischer Kochsalzlösung 1:1) mit einem Testsortiment von Antiseren (Serumtiter gegen das homologe Antigen durchgehend 1:128) gegen verschiedene Ringfleckenvirusisolate aus krautigen Wirtspflanzen. Außerdem untersuchten wir ein Isolat aus Kirschbäumen des Harzvorlandes, die von der Stecklenberger Krankheit befallen waren. Dieses ruft auf Gurken- und Tabakblättern ebenfalls Ringfleckensymptome hervor.

Tabelle. *Präzipitinreaktionen von Pfeffinger- und Stecklenberger-Isolaten mit Antiseren gegen andere Ringfleckenviren*

(Das Antigen wurde aus stark ringfleckigen Blättern von *Nicotiana tabacum* L. cult. *Samsun K* und *Nicotiana tabacum* L. cult. *V 20* gewonnen. Alle Versuche wurden 3 bis 5fach wiederholt.)

Antiserum gegen	Serumtiter gegen Ringfleckenvirus	
	der Pfeffinger Krankheit	der Stecklenberger Krankheit
Bohnen-Ringfleckenvirus . . .	2	1
Kartoffel-Bukettvirus	8	4
Kartoffel-Pseudoaucubavirus .	4	4
Steinsamen-Ringfleckenvirus .	4	8
Tomaten-Schwarzringvirus . .	8	4
Tabak-Ringfleckenvirus . . .	0	0

Zwischen den beiden Isolaten der Pfeffinger Krankheit traten keine Unterschiede auf. Darum behandeln wir sie hier gemeinsam. Die Ergebnisse sind in der Tabelle zusammengefaßt. Sie bringen den Nachweis, daß die genannten Ringfleckenviren mit europäischen Isolaten des Bohnen-Ringfleckenvirus, Kartoffel-Bukettvirus, Kartoffel-Pseudoaucubavirus, Steinsamen-Ringfleckenvirus und Tomaten-Schwarzringvirus gemeinsame immunologische Eigenschaften besitzen Es ließ sich jedoch keine serologische Verwandtschaft zum nordamerikanischen Tabak-Ringfleckenvirus nachweisen. Prämunitätsversuche, die allerdings bisher nur mit dem Pfeffinger-Isolat durchgeführt wurden, fielen gleichsinnig aus. Pfeffinger und Stecklenberger Krankheit bzw. ihre Ringfleckenkomponenten können daher zu einem Verwandtschaftskreis von Ringfleckenviren gestellt werden, die sich um das Tomaten-Schwarzringvirus gruppieren[2]). Die geringen Titerdifferenzen zwischen den beiden Kirschen-Rosettenvirosen können auf Unterschieden in der Viruskonzentration im Tabaklaub beruhen und berechtigen vorläufig nicht zur Annahme von serologischen Abweichungen zwischen den Isolaten. Nach der relativ hohen Titerdifferenz zwischen dem homologen und dem geprüften Antigen von 1:128 und 1:1 bis 1:8 darf vermutet werden, daß gegenüber den Vergleichsisolaten auch unterschiedliche antigene Gruppen vorliegen. Darüber sollen geplante Absättigungsversuche und Kreuzreaktionen mit Antiseren gegen die Ringfleckenviren der Pfeffinger und Stecklenberger-Krankheit genauere Auskunft geben. Interessant ist in diesem Zusammenhang der relativ schwache Ausfall der Präzipitinreaktion mit dem Antiserum gegen das Bohnen-Ringfleckenvirus, das nach unveröffentlichten Befunden seinerseits schwache serologische Verwandtschaft zum Tabak-Ringfleckenvirus zeigt.

Die Verfasser sind der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Bad Godesberg) für die Unterstützung vorliegender Untersuchungen, Frau Dr. G. NAUMANN (Aschersleben) und den Herren Dr. L. KUNZE (Berlin) und Oberregierungsrat Dr. K. SCHUCH (Heidelberg) für freundliche Überlassung von Virusisolaten zu Dank verpflichtet.

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Virusserologie, Braunschweig

GERHARD FOLLMANN und RUDOLF BERCKS

Eingegangen am 17. April 1959

[1]) BAUMANN, G., u. M. KLINKOWSKI: Phytopathol. Z. **25**, 55 (1955). — KUNZE, L.: Phytopathol. Z. **31**, 279 (1958). — PFAELTZER, H. J.: Tijdschr. Plantenziekten **65**, 5 (1959). — [2]) BERCKS, R., u. F. GEHRING: Phytopathol. Z. **28**, 57 (1956). — HARRISON, B. D.: J. Gen. Microbiol. **18**, 450 (1958).

Über die Wirkung von Desoxycholsäure auf das Virus der myeloischen Leukämie der Maus und das Rous-Sarkom-Virus *)

Im Rahmen von Versuchen zur biochemischen Charakterisierung des Virus der myeloischen Leukämie der Maus[1]) wurde die Wirkung von Desoxycholsäure auf Filtrate der zellfrei übertragbaren myeloischen Mäuseleukämie und vergleichend dazu auf Filtrate aus dem Rous-Sarkom des Huhnes untersucht.

Methodik. Die Herstellung der zellfreien Filtrate aus leukämischen Lymphknoten und Thymus erfolgte wie früher beschrieben[1]); die Filtrate aus Rous-Sarkomen wurden in gleicher Weise bereitet. Die Desoxycholsäure = DOCh (Firma Riedel de Haën, Hamburg, und Dr. Fraenkel/Dr. Landau, Berlin) wurde in 0,154 M NaCl-Lösung unter Verwendung von 0,10 n NaOH bei p_H 7,5 gelöst und den Filtraten in verschiedenen Konzentrationen (s. Tabelle) zugesetzt, so daß unterschiedliche Filtrateiweiß/Desoxycholsäure-Verhältnisse resultieren. Nach Desoxycholatzusatz wurden die Filtrate 30 min bei 30° C inkubiert; die Wirkung der Desoxycholsäure konnte bereits makroskopisch an einer Aufhellung der Filtrate verfolgt werden. Im Anschluß an die Inkubation wurden die behandelten Leukämiefiltrate 1 bis 3 Tage alten Mäusen des Stammes Agnes-Bluhm subkutan injiziert (0,10 ml/Tier); für die Versuche mit Rous-Sarkomfiltraten wurden etwa 2 Wochen alte Leghorn-Kücken verwendet (Injektion in den rechten Brustmuskel; Impfdosis pro Tier = 0,50 ml). Zur Kontrolle wurden für 30 min bei 30° C aufbewahrte unbehandelte Filtrate in gleichen Dosen neugeborenen Mäusen bzw. Kücken injiziert.

Tabelle. *Versuche mit Leukämiefiltraten (I) an Mäusen und mit Rous-Sarkom-Filtraten (II) an überlebenden Kücken*

Versuchsansatz	Eiweiß/Desoxycholsäure (in mg/ml)	Auswertbare Tiere	Tumorpositive Befunde	Latenzzeit
I			Leukämien	
1. F. + 0,250 % DOCh	1,63/2,50	123	2 = 1,6 %	6 Mon.
2. F. + 0,125 % DOCh	1,63/1,25	51	2 = 4 %	7 Mon.
3. Kontrollfiltrat	1,63/0	75	58 = 77 %	4,8 Mon.
II			Sarkome	
1. F. + 0,500 % DOCh	1,69/5,00	5	0	—
2. F. + 0,250 % DOCh	1,93/2,50	16	4	42 Tg.
3. F. + 0,125 % DOCh	2,19/1,25	9	9	23,5 Tg.
4. Kontrollfiltrat	1,98/0	11	11	18 Tg.

Ergebnisse. Desoxycholsäure führt unter den angegebenen Versuchsbedingungen zu einer totalen Inaktivierung des Leukämievirus. Auch Rous-Sarkomfiltrate werden im Sinne einer Hemmung der onkogenen Wirkung beeinflußt, allerdings im untersuchten Konzentrationsbereich im Gegensatz zu den Leukämiefiltraten in Abhängigkeit von der Menge an Desoxycholsäure (Tabelle). Bei ungefähr gleichem Filtrateiweiß/Desoxycholsäure-Verhältnis wie bei Leukämiefiltraten ist bei Rous-Sarkomfiltraten im Gegensatz zu ersteren keine Inaktivierung vorhanden (0,125% Desoxycholsäure); erst höhere Konzentrationen an Desoxycholsäure führen zu einer partiellen (0,25% DOCh) oder auch totalen (0,50% DOCh) Inaktivierung des Rous-Virus. Eine Inaktivierung des Rous-Agens durch DO Ch wird auch von BRYAN und MOLONEY[2]) beschrieben.

Diskussion. Für die Inaktivierung des Leukämieagens und des Rous-Virus durch Desoxycholsäure kommen im wesentlichen zwei Wirkungsmechanismen und daraus sich ableitende Schlußfolgerungen über den chemischen Aufbau und die Bedeutung dieser Bausteine für die Wirkung der genannten Viren in Betracht: Nach LITTLEFIELD et al.[3]) löst Desoxycholsäure aus Nukleoproteidpartikeln (z. B. Mikrosomen) Eiweiß heraus. Aus der beschriebenen inaktivierenden Wirkung des Desoxycholats auf Leukämiefiltrate kann daher zunächst geschlossen werden, daß es sich bei dem leukämogenen Agens in seiner wirksamen Form um eine partikuläre Nukleoproteidkomponente handeln oder eine derartige komplexe Struktur für die Wirkung zumindest wesentlich mitverantwortlich sein dürfte. Diese Annahme wird gestützt durch die gleichfalls inaktivierende Wirkung der Desoxycholsäure auf das Rous-Virus, dessen partikuläre Nukleoproteidnatur heute als gesichert gelten kann. Als zweite Möglichkeit hinsichtlich des Mechanismus der inaktivierenden Wirkung der Desoxycholsäure auf die Tumorfiltrate muß auch an einen Einfluß auf Lipoide als Baustein der onkogenen Agentien gedacht werden, da Desoxycholat z. B. mit Fettsäuren stabile, molekulardispers gelöste Additionsverbindungen bildet und nach BALL und BARNETT[4]) aus partikulären Succinat- und DPNH-Oxydasesystemen aus Herzmuskel durch Desoxycholsäure 50% des Trockengewichts in Form von Lipoiden beseitigt wurden. Für eine derartige Wirkung auf Lipoide dieser Viren spricht auch die in eigenen Versuchen[5]) beobachtete Inaktivierung sowohl von Leukämie- als auch Rous-Sarkomfiltraten durch Ätherbehandlung, so daß wahrscheinlich auch Lipoiden eine Beteiligung am Aufbau dieser Agentien und eine wesentliche Rolle für deren Wirkung zugesprochen werden muß. Allerdings scheint das Leukämievirus in seiner Nukleoproteid- bzw. Liponukleoproteidstruktur labiler zu sein als das Rous-Virus, da ersteres, bezogen auf Filtrateiweiß/Desoxycholsäure-Verhältnis, schon bei geringeren Desoxycholatkonzentrationen (Verhältnis $>1{,}0$) als das Rous-Virus (Verhältnis $<1{,}0$) total inaktiviert wird.

Institut für Medizin und Biologie der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (Präsident: Prof. Dr. Dr. W. FRIEDRICH), Berlin-Buch, Arbeitsbereich Biologie (Direktor: Prof. Dr. A. GRAFFI)

H. BIELKA und A. GRAFFI

Eingegangen am 20. April 1959

*) 20. Mitteilung.

[1]) GRAFFI, A., H. BIELKA u. F. FEY: Acta haematol. [Basel] 15, 145 (1956). — [2]) BRYAN, R., u. J. B. MOLONEY: Ann. N. Y. Acad. Sci. 68, 441 (1957). — [3]) LITTLEFIELD, J. W., E. B. KELLER, J. GROSS u. P. ZAMECNIK: J. Biol. Chemistry 217, 111 (1955). — [4]) BALL, E. G., u. R. J. BARNETT: J. Biophys. Biochem. Cytology 3, 1023 (1957). — [5]) GRAFFI, A., u. H. BIELKA: Unveröffentlicht.

Die Beeinflussung von Mitosen durch phosphororganische Verbindungen

Durch tertiäre aliphatische Phosphinderivate läßt sich das Wachstum des Ehrlichschen Mäuse-Ascites-Carcinoms eindeutig hemmen. Die Gewichtszunahmen der beimpften und behandelten Tiere liegen wesentlich unter denen der Kontrollen. Dabei ist die Überlebenszeit der behandelten Mäuse deutlich größer als die der nichtbehandelten. Diese Wirkung der Phosphinderivate beruht auf ihren chemischen Eigenschaften, besonders der Fähigkeit, mit Säuren Additionsverbindungen zu bilden. Um die Art der Beeinflussung der Mitosen durch Phosphinderivate zu untersuchen, wurden mehrere derartige Verbindungen am Mäuse-Ascites-Carcinom überprüft. Dabei zeigte sich, daß nach der intraperitonealen

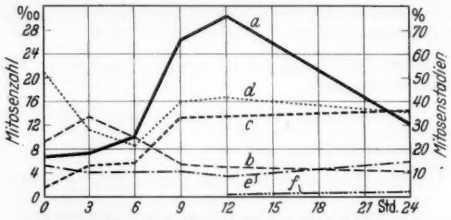


Fig. 1. Mitosenzahl und Mitosenstadien nach Injektion von 1 mg Triäthylphosphindibromid. *a* Gesamtmitosenzahl, *b* Prophasen, *c* Telophasen, *d* Metaphasen, *e* Anaphasen, *f* atypische Mitosen

Injektion der betreffenden Substanz ein Ansteigen der Gesamtmitosenzahl eintrat, das nach 9 bis 12 Std zu einem Maximalwert führte. Dann kam es wieder zu einem Rückgang, ohne daß jedoch nach 24 Std der Ausgangswert wieder erreicht war.

Auch in der Verteilung der einzelnen Mitosestadien kam es zu deutlichen Verschiebungen. So zeigten die Prophasen nach der Verabfolgung von Triäthylphosphindibromid (1 mg) nach einem geringen Anstieg nach 3 Std eine prozentuale Verminderung. Bei den Metaphasen trat eine Reduzierung nach 3 und 6 Std ein. Danach kam es aber wieder zu einer Vermehrung. Während sich die Anaphasen auf dem gleichen Prozentsatz hielten, zeigten die Telophasen eine erhebliche Zunahme. In der 2. Hälfte des Versuches kam es zum Auftreten atypischer Mitosen (Fig. 1). Bei anderen Phosphinderivaten (Triäthylphosphindichlorid, Tripropylphosphindibromid, Triäthylphosphinoxyd) lagen die Verhältnisse ähn-

lich. Dabei zeigte sich jedoch beim Triäthylphosphinoxyd, daß bei einer Erhöhung der verabfolgten Menge auf 50 mg das Auftreten atypischer Mitosen stark zunahm und nach 24 Std ein Maximalwert von über 50% aller Kernteilungsfiguren resultierte. Bei diesen geschädigten Mitosen wiesen die Prophasen unregelmäßig verklumpte Chromosomen und gelegentlich verhältnismäßig große Absprengungen auf. In der Metaphase waren die Chromosomen oft zu ringförmigen Gebilden verklebt, die Diaster unterschiedlich groß. Ab und zu waren einzelne Chromosomen beim Auseinanderweichen zurückgeblieben.

Diese Veränderungen der Mitosezahlen und -stadien unter der Einwirkung von Phosphinderivaten zeigen, daß es zu einer Verlangsamung des Ablaufes der Kernteilungen kommt. Daneben treten schwere Störungen auf, sichtbar am Vorkommen atypischer Mitosen. Eine selektive Beeinflussung eines bestimmten Mitosestadiums, wie beispielsweise beim Colchicin, läßt sich nicht beobachten. Auf Grund dieser Untersuchungen lassen sich die Phosphinderivate in die Gruppe der Ruhekerngifte einordnen.

Jena, Medizinische Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. W. Brednow)

Hans Siering

Eingegangen am 3. April 1959

Vergleich des Phosphatumsatzes embryonaler und adulter Organe in vitro

Es entspricht einer alten gewebezüchterischen Erfahrung, daß Organkulturen nur dann Wachstum zeigen, wenn sie von embryonalen Tieren stammen. Es schien uns reizvoll, dieses unterschiedliche Verhalten durch Bestimmung des Umsatzes einer markierten Verbindung zu objektivieren. Experimentelle Bedingungen zu schaffen, die eine objektive Aussage über Stoffwechsellage und Energieumsatz explantierten Gewebes erlauben, ist gleichzeitig die Voraussetzung für die Beurteilung der Wirkung zugesetzter Substanzen und Stimulatoren.

Hevesy und Ottesen[1]) haben den Umsatz an radioaktivem Phosphat als Maß für Neubildung und Umsatz von Nucleinsäuren im Organismus verwendet. Eigene Untersuchungen[2]) haben ergeben, daß die Größe des Phosphatumsatzes Ausdruck für die Vitalität von suspendierten Ascitestumorzellen ist. Als Kulturverfahren für Organexplantate verwendeten wir die von Fell angegebene Uhrglasschälchen-Methode[3]). Dabei werden kleine Gewebsstückchen auf einem halbfesten Nährboden von Hühnchenembryonalextrakt und Hühnerblutplasma im Uhrglasschälchen angesetzt. Diesem Nährboden wurde die markierte Substanz zugesetzt. Zur exakteren Bestimmung des Umsatzes hat sich uns eine eigene Modifikation des Roller-Röhrchens bewährt[4]). Dabei wird die Indikatorsubstanz dem flüssigen Nährmedium zugesetzt. Das Explantat wird 10mal in der Minute von der Nährlösung überspült. Wir benutzten als markierte Substanz trägerfreies Orthophosphat des Isotops P^{32}. Die Explantate werden nach einem Kulturzeitraum von 48 Std aus dem Nährboden genommen, in 5 ml Hanks-Lösung gespült und anschließend unter Absaugen mit 50 Tropfen Hanks-Lösung auf einer Fritte gewaschen. 6 Gewebestückchen eines Ansatzes werden jeweils zu einer Messung vereinigt.

Tabelle. *Phosphatumsatz bei Leber, Niere und Herz*
(Die Zahlen geben die gemessenen Impulse pro Minute an)

	Leber		Niere		Herz	
	erwachs.	embryon.	erwachs.	embryon.	erwachs.	embryon.
Versuch 1 . . .	297	655	723	1701	824	429
Versuch 2 . . .	380	737	360	986	938	309
Versuch 3 . . .	156	504			558	221
Versuch 4 . . .	257	523			433	193
Versuch 5 . . .	189	320				

Embryonale Rattenorgane vom 15. bis 18. Schwangerschaftstag nehmen unter gleichen Bedingungen doppelt so viel Aktivität auf wie gleich große Stücke erwachsener Rattenorgane. Eine Ausnahme bildet dabei lediglich das explantierte Herz. Im Falle des Herzens nimmt das adulte Organ mehr als doppelt so viel Aktivität auf wie das embryonale Organ.

Darüber hinaus zeigt das explantierte Herz eine deutliche Abhängigkeit der Phosphataufnahme von der Zeitdauer des Ansatzes und den notwendigen Manipulationen, mit anderen Worten zeigt es große Empfindlichkeit gegen Nährstoffmangel. Diese Empfindlichkeit ist ebenfalls beim erwachsenen Herzen deutlicher ausgeprägt als beim embryonalen. Das erwachsene Herz nimmt nach einer Zeitdauer von 30 min für die Explantation nur noch 50% der entsprechenden Größe nach 5 min auf, während das embryonale Herz im gleichen Zeitraum nur um etwa 20% weniger aufnimmt. Diese Ergebnisse sind wohl so zu deuten, daß der Herzmuskel nach seiner Ausdifferenzierung einen viel aktiveren Stoffwechsel zeigt als Leber und Niere.

Zusatz von Monojodacetat hat bei allen Explantaten eine Senkung der Phosphataufnahme um etwa 60%, vorheriges Erhitzen der Organe hat eine Senkung um 80 bis 100% der Aufnahme an aktivem Phosphat zur Folge. Daraus ergibt sich, daß die Bestimmung des Phosphatumsatzes am explantierten Organ die Möglichkeit bietet, schon relativ geringe Veränderungen im Zellstoffwechsel zu objektivieren.

Die Arbeit wurde mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.

Pathologisches Institut der Universität, München

H. Wrba und H. W. Kalb

Eingegangen am 19. März 1959

[1]) Hevesy, G., u. J. Ottesen: Acta physiol. scand. 5, 237 (1943). — [2]) Wrba, H., E. Seidler u. K. Allmann: Naturwiss. 42, 260 (1955). — [3]) Fell, H. B.: J. Roy. Micr. Soc. 60, 95 (1940). — [4]) Wrba, H., u. H. Kalb: Naturwiss. 46, 78 (1959).

Über Dehnung der Kammerwand des Froschherzens als Ursache der Kontraktion

Vor einigen Jahren haben wir[1]) nicht nur gezeigt, daß nach der ersten Ligatur von Stannius auch eine auf $^1/_3$ und $^1/_8$ von der Ventrikelspitze angelegte Ligatur die Kammerautomatie auslöst, sondern auch, daß zugleich die Schwelle für den

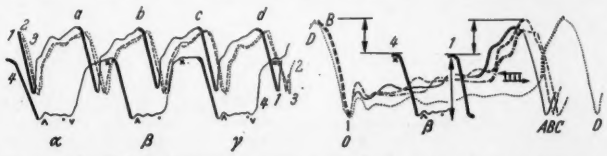


Fig. 1, linke Hälfte: Kurven 1, 2 und 3 mit Trio a, b, c und d. Kurve 4: die vom Sinus bzw. Atrium herrührenden Erhebungen verschieben sich (×, Λ und V). Rechte Hälfte: die Pulsationen (A, B, C und D) sind in der Weise eingezeichnet, daß der Fuß der vorhergegangenen Dekreszenten bei „0" enden und die nachfolgenden Sinus-Atrium-Pulsationen einen gemeinsamen Startpunkt haben

Induktionsreiz erniedrigt ist. Der mechanische Kontaktreiz der 2. Stannius-Ligatur auf dem Atrioventrikulartrichter ist also ersetzbar durch einen mechanischen Dauerreiz infolge der von der Einschnürung hervorgerufenen Dehnung. Es blieb dahingestellt, ob die Kontraktionen zerstreut, also unspezifisch ausgelöst wurden oder mittels einer Erniedrigung der Automatieschwelle des atrioventrikulären Trichters. Während einer neuen Versuchsreihe beobachteten wir an einem geschädigten Froschherzen ein Verhalten des Ventrikels, welches mit unserer obigen Erklärung der Wirkung der 3. Stannius-Ligatur gut im Einklang steht.

Fig. 1 zeigt das Mechanogramm des freigelegten Froschherzens. Da die Herzspitze mit dem eigentlichen Schreibhebel verbunden ist und das Herz daher zwischen Hohlvenen (fixer Punkt) und Spitze gestreckt ist, werden die Verkürzungen des Sinus, der Atrien und der Kammer in Richtung der Herzlängsachse auf einen einzigen Hebel übertragen und als kontinuierliche Kurve aufgezeichnet. Jedes Gipfeltrio bedeutet eine Pulsation des Herzens. — Nach der zweiten Ligatur fängt der Ventrikel an zu schlagen (Kurve 4), und zwar mit seinem eigenen langsameren Rhythmus. Die Koordination ist aufgehoben.

Nach Lösen der beiden Ligaturen zeigte das Herz, daß die Erregungsleitung bleibend geschädigt war (Fig. 2; Fig. 1 rechte Hälfte). Sinus und Atrium pulsieren in dem ursprünglichen Rhythmus und koordiniert; der Ventrikel überschlägt jedoch einige (2 bis 7) Sinus-Atrium-Kontraktionen (es gab auch einen Fall von 11 sowie einen von 15).

Wodurch wird die Ventrikelkontraktion nun ausgelöst? — Es könnte so sein, daß die Erregungsleitung auf der Atrioventrikulärgrenze stufenweise funktioniert: eine Art latente Addition oder Facilitation. Ein Spielraum von 2 bis 7 (ja 15!) Stufen ist jedoch zu willkürlich. Die Ursache könnte auch die Füllungsdehnung der Kammerwand sein und darauf deutet nicht nur die Vergrößerung der Amplituden der diastolischen Mechanogrammteile, sondern auch der abnorme, der Kontraktion vorangehende Füllungsgrad des Ventrikels, welche die hier mitgeteilten Beobachtungen veranlaßte.

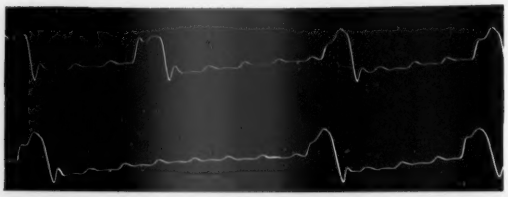


Fig. 2. Reproduktion eines weißen Mechanogramms auf schwarzem Rußhintergrund

Sehen wir uns nämlich das übliche dreiteilige Mechanogramm näher an, so zeigt sich, daß die zwei ersten Verkürzungsstrecken des dreiteiligen Systolenteiles *nicht einheitlich* sind (Fig. 3); als dritte folgt die Ventrikelkontraktion (V) und anschließend die diastolische Dekreszente (Diast.). Die letztere gibt also die totale Erschlaffung des Herzens und daher den Grund zum Vergleichen der Amplituden. Deswegen sind die Dekreszenten B, 4 und 1 mit einer fetten Linie angegeben (Fig. 1, rechte Hälfte). Der Fuß der ventrikularen Kreszenten gibt das Niveau an von wo aus die Kammerkontraktion auf Füllungsverkürzung hin startet. Die Startniveaus des Ventrikels (Kreszenten mit fetten Linien) wechseln nur wenig (←IIII→). Die Tabelle gibt die Zunahme der Amplituden und die vorübergehende Erniedrigung der Frequenz, gemessen an einigen Pulsationen:

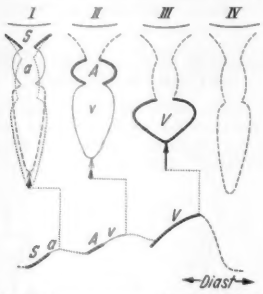


Fig. 3. Analyse des Mechanogramms: die dualistischen Verkürzungsstrecken fangen an mit der *Kontraktionsverkürzung* (*S*) des Sinus bzw. (*A*) der Vorkammer, woran sich eine *Füllungsverkürzung* (*a*) des Atriums bzw. (*v*) der Kammer anschließt

Tabelle

	Amplitude	Intervall		Stufe	Kurve Fig. 1
		Sinus	Kammer		
Normal (vor jeder Ligatur)	100	100			1, 2, 3
Nach 2. Stannius-Ligatur	101		145		4
Nach	144	112	334	3.	A
Lösung	133	100	803	8.	—
der	153	96	478	5.	—
beiden Ligaturen	160	96	372	4.	D

Das Mechanogramm und die Tabelle zeigen, daß die mit dem Startniveau gleichwertige Dehnung der Kammerwand erst nach einer Überfüllung der Kammer erreicht wird. Das bedeutet offenbar einen Schwellenwert; darauf muß die Kammer warten, damit — nachdem die Erregungsübertragung ausgefallen ist — ihre Kontraktion einsetzen kann. Die Überfüllung kommt erst durch eine Serie von drei und mehr Sinus-Atrium-Kontraktionen, also stufenweise, zustande.

Wir sehen also, daß, ganz in Übereinstimmung mit der 1951 ermittelten Wirkung der Dehnung als *Dauerreiz*, nach Wegfall der atrioventrikulären Erregung der *intermittierend* vom atrioventrikulären Füllungsstoß hervorgerufene Dehnungsgrad der Kammerwand die Führung des Ventrikelrhythmus übernimmt.

Institut für vergleichende Physiologie der Universität, Utrecht

N. Postma

Eingegangen am 26. März 1959

[1]) Postma, N.: Experientia [Basel] 7, 67 (1951).

Hemmstoffe aus quellenden und keimenden Samen von *Vicia villosa* Roth.

Quellende Vicia-villosa-Samen geben Stoffe an das Wasser ab, die das Wurzelwachstum anderer höherer Pflanzen[1a]) und das Wachstum von Streptomyceten auf Haferflockenagar hemmen[1b]).

Je 1 g Vicia-Samen wurden bei Zimmertemperatur in Erlenmeyer-Kölbchen mit 10 ml Aqua dest. für 24 Std eingelegt. Je 8 ml dieser Flüssigkeit wurden abpipettiert, in Petri-Schalen gegeben und als „Vicia-Extrakt" bezeichnet. Die Tabelle zeigt den Zuwachs von Linum-usitatissimum-Keimwurzeln (Ausgangslänge 10 mm) in 24 Std im Dunkelthermostaten bei 27° in den verschiedenen Lösungen.

Tabelle. *Leinwurzelzuwachs (Lw.zuw.) und Differenz zur Kontrolle (Diff.)*

	Lw.zuw.	Diff.	*P*
Aqua dest. (Kontrolle)	21,6 mm		
Vicia-Extrakt, frisch	2,5 mm	19,1 mm	<0,001
Vicia-Extrakt, gekocht	2,8 mm	18,8 mm	<0,001
Vicia-Extrakt, UV-bestrahlt	3,3 mm	18,3 mm	<0,001
Vicia-Extrakt, stark verdünnt	23,0 mm	—1,4 mm	>0,05
Vicia-Extrakt, aus abgetöteten Samen	1,8 mm	19,8 mm	<0,001
Vicia-Extrakt + Aktivkohle	21,4 mm	0,2 mm	>0,05
Vicia-Extrakt + Erde	18,5 mm	3,1 mm	=0,005
Vicia-Extrakt + gedämpfte Erde	15,6 mm	6,0 mm	<0,001
Vicia-Extrakt + Quarzsand	13,8 mm	7,8 mm	<0,001
1 %ige Tanninlösung	2,4 mm	19,2 mm	<0,001

Die Hemmstoffe sind kochfest, unempfindlich gegen UV-Bestrahlung; in starker Verdünnung wirken sie leicht wachstumsfördernd, sie werden auch von abgetöteten Samen abgegeben. Sie sind adsorbierbar an Aktivkohle und Erde. Da sie in gedämpfter Erde weniger schnell verschwinden als in unbehandelter, ist auch ein mikrobieller Abbau der Hemmstoffe anzunehmen. Die Wirkung des Vicia-Extraktes entspricht etwa der einer 1%igen Tanninlösung, deshalb wurde geprüft, ob die Hemmstoffe Gerbstoffcharakter haben. Genau wie Gerbstoffe sind die Hemmsubstanzen des Vicia-Extraktes in kaltem und heißem Wasser und in Äthanol löslich, unlöslich dagegen in Äther und Benzol. Durch Kochen mit verdünnter Salzsäure werden die Hemmstoffe nicht zerstört, sie werden dadurch aber teilweise alkoholunlöslich. Der Vicia-Extrakt trübt eine 0,5%ige Gelatinelösung, eine Bleiacetatlösung und eine 10%ige Lösung von Chininum hydrochloricum, er färbt eine verdünnte Eisen(III)-chlorid-Lösung blau. Der positive Ausfall dieser vier Gerbstoffreaktionen beweist das Vorhandensein von Gerbstoffen im Vicia-Extrakt. Durch weitere chemische Nachweisreaktionen konnte wahrscheinlich gemacht werden, daß die Gerbstoffe aus Vicia-Samen den Catechinen zugeordnet werden müssen.

Außerdem konnten papierchromatographisch Aminosäuren und Zucker nachgewiesen werden, nicht dagegen Phenole. Wenn auch andere Stoffe an der Hemmwirkung des Vicia-Extraktes mitbeteiligt sein können, so dürften im wesentlichen die Gerbstoffe die Hemmwirkung verursachen.

Da Gerbstoffe im Boden schnell durch Adsorption an die Bodenkolloide und durch mikrobiellen Abbau unwirksam werden, sind die von keimenden Vicia-Samen ausgeschiedenen Hemmstoffe pflanzensoziologisch ohne Bedeutung.

Institut für Botanik der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin

K. Voderberg

Eingegangen am 17. April 1959

[1]) Voderberg, K.: a) Alb.-Thaer-Arch. 1, 22 (1956). — b) Wiss. Z. der Humboldt-Universität, Festschrift, erscheint 1960.

Wachstumsförderung bei *Melilotus albus* durch schwache Neutronenbestrahlung trockener Samen

Stimulation des Pflanzenwachstums durch geringe Strahlendosen ist bereits verschiedentlich beobachtet, ebenso häufig aber auch bestritten worden [vgl. [2])]. Unter den anerkannten Fällen befinden sich in erster Linie solche, bei denen Pflanzen während ihrer Entwicklung bestrahlt wurden. Der Effekt bestand dabei zum Teil lediglich in einem früheren Schossen bzw. Blühen[2]),[4]). Hierbei ist die Parallelität zur Reaktion von Pflanzen auf Wasser- oder Nährstoffmangel nicht zu übersehen. Eine echte Förderung der vegetativen Phase wurde jedoch ebenfalls mehrfach festgestellt[2–4]). Diesen Beobachtungen lag allerdings nur selten eine Bestrahlung trockener Samen zugrunde[5]). Über Versuche mit thermischen Neutronen in diesem Zusammenhang ist bisher nichts bekannt.

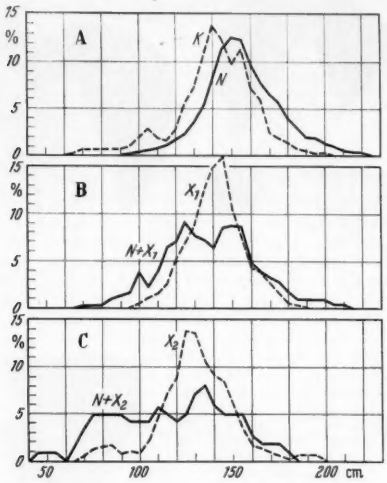


Fig. 1. Häufigkeitsverteilungen der Pflanzenlängen. (Abszisse: Länge in cm; Ordinate: Pflanzenzahl in %). $N = 4{,}5 \cdot 10^{12}$ n/cm². K = Unbestrahlte Kontrolle. X_1 = 40 kr Röntgen. X_2 = 60 kr Röntgen

Im vorliegenden Falle wurden lufttrockene Samen von *Melilotus albus* einer Bestrahlung mit thermischen Neutronen von $4{,}5 \cdot 10^{12}$ n/cm² ausgesetzt. Das Röntgenäquivalent betrug etwa 10000 rep. Diese Behandlung bewirkte eine statistisch gesicherte Förderung des Längenwachstums bei den aus dem Saatgut erwachsenden Pflanzen, und zwar auch bei wiederholtem Anbau unter veränderten Umweltbedingungen. Eine Verspätung des Blühbeginns war nicht feststellbar. Fig. 1 A zeigt die Häufigkeitsverteilung der Pflanzenlängen (gemessen am Ende der Vegetationsperiode) für die mit Neutronen bestrahlte Gruppe (676 Pflanzen) im Vergleich zur unbestrahlten Kontrolle (180 Pflanzen).

Daß die beobachtete Förderung tatsächlich eine Folge der schwachen Neutronenbestrahlung war, konnte durch eine zusätzliche Behandlung mit Röntgenstrahlen erhärtet werden. Hierfür wurden die Kontrollsamen und die bereits mit Neutronen bestrahlten Samen in gleicher Weise einer Dosis von 40000 und 60000 r ausgesetzt. Das Ergebnis ist Fig. 1 B und 1 C zu entnehmen. Die fördernde Wirkung der Neutronendosis und die schädigende Wirkung der Röntgendosis addierten sich zu einer weit stärkeren Wuchsdepression, als sie die Röntgendosis allein hervorrief.

Dieses Ergebnis steht in scheinbarem Widerspruch zu einem vom Verfasser vor 6 Jahren durchgeführten Bestrahlungsversuch mit trockenen *Melilotus*-Samen, bei welchem weder bei 5000 r noch bei 10000 r noch bei 20000 r irgendwelche Stimulationswirkungen festgestellt wurden. Das legt die Vermutung nahe, daß bei Samenbehandlung thermische Neutronen für eine Wachstumsstimulation grundsätzlich eher geeignet sein könnten als Röntgen- oder γ-Strahlen. Sollte dafür die durch Neutroneneinfang im Samen erzeugte schwache Radioaktivität verantwortlich zu machen sein, so wäre eine gewisse Parallelität zur stimulierenden Wirkung inkorporierter radioaktiver Substanzen[1]) gegeben. Zur Klärung dieser Fragen sind jedoch weitere Versuche notwendig.

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität, Göttingen (Direktor: Prof. Dr. A. Scheibe)

A. Micke

Eingegangen am 14. April 1959

[1]) Bordeiano, T., G. Constantinesco et al.: 2. Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy 1958, p. 1298. — [2]) Sax, K.: Amer. J. Bot. 42, 360 (1955). — [3]) Sparrow, A.H.: Rad. Res. 1, 562 (1954). — [4]) Sparrow, A.H., u. J.E. Gunckel: Intern. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy Proc. 1955 Vol. 12, S. 52. — [5]) Wort, D.J.: Plant Physiol. 16, 373 (1941).

The Induction of Parthenocarpic Development in *Rosa* by Auxins and Gibberellic Acid

As part of a general investigation into the physiology of rose hips, it was necessary to grow *R. rugosa* in greenhouses. This is a non-apomictic species and it was decided to try and produce fruit parthenocarpically rather than by pollination. In a first experiment using nine different growth substances these were either applied to the emasculated flower-buds in aqueous solution or as a lanolin paste, or injected in aqueous solution into the cavity of the receptacle. Best results were obtained with naphthaleneacetic acid, naphthaleneacetamide and 2:4:5 trichlorophenoxyacetic acid in lanolin, applied to the cut surface after emasculation.

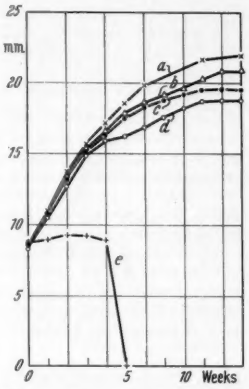


Fig. 1. *R. rugosa:* The relation between the average diameter and age of normal and parthenocarpic hips. *Ordinate:* hip diameter (mm). *a* normal fertilisation; *b* 1·0% NAA; *c* 1·0% NAAM; *d* 1·0% 2·4·5 T; *e* lanolin only. Normal environment

In a further experiment using 400 flower-buds (on two large bushes growing in the open) with concentrations of the three auxins ranging from 0·025 to 1·0%, it was found that 1·0% was most effective and Fig. 1 relates the change in diameter of the developing hips to their age. Any overall assessment of the effectiveness of the treatments must also take into account the % survival (Fig. 2). As a composite index, r^3N was used to represent the total volume of sound hips at any given time: where N was the number of hips surviving (out of an initial sample of 60), and r^3 was taken as a measure of the volume of an average hip (the shape of normal and parthenocarpic hips is similar). Fig. 3 emphasises the superiority of the 1·0% NAAM treatment over normal pollination; this is particularly noticeable at the extremes of the flowering period, when no normal fruit is set.

The work was then extended to the other non-apomictic species, *R. spinosissima* and *R. arvensis*. Using 250 flower-buds of *spinosissima* in the open, it was found that this species was less responsive to auxins than *rugosa* and a best fruit-set of only 25% was obtained with 0·025% NAA in lanolin. With *R. arvensis* there was almost complete failure with all treatments; the controls usually remained healthy and persisted longer and, furthermore, the greater the concentration of auxin applied, the poorer were the results. Preliminary investigation suggested that the reason might be a higher level of endogenous auxin in the plant generally, and indicated that lack of some other hormonal factor was preventing fruit growth[1]). Since the latter is mainly cell-enlargement, trials with gibberellic acid and GA/NAAM mixtures were carried out with plants of *spinosissima* flowering in early spring in the greenhouse. Concentrations of 0·1% and 1·0% of GA and NAAM in lanolin were used on a total of 160 flower-buds and composite results are given below (Table on the next page).

Results with the auxin were consistently better than those obtained previously in the open, but GA was even more effective and with the GA/NAAM mixtures r^3N was increased to over 200% of normal. Details of these results and of those with *arvensis* will be given shortly[2]).

It has been suggested that one of the gibberellins may be the factor limiting development in many of those fruits in which parthenocarpy cannot be induced by auxins and may, indeed, under normal circumstances be the main hormonal factor controlling fruit development with which auxin (and

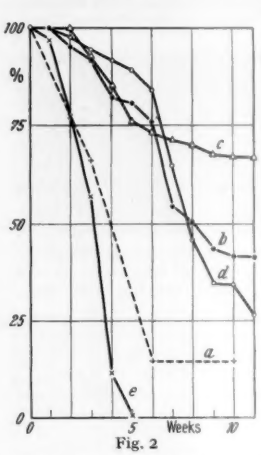


Fig. 2

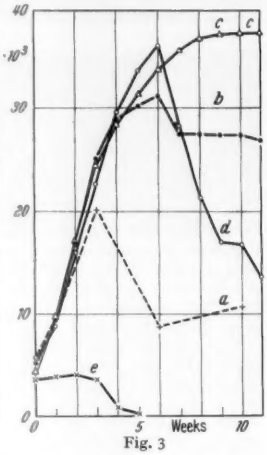


Fig. 3

Fig. 2. *R. rugosa:* The % survival and age of normal and parthenocarpic hips. *Ordinate:* % survival. *a, b, c, d, e* as in Fig. 1. Normal environment

Fig. 3. *R. rugosa.* The overall index of fruit-production (r = average hip radius; N = number of hips surviving). *Ordinate:* r^3 N. *a, b, c, d, e* as in Fig. 1. Normal environment

other factors) act in concert[3]). The interaction between GA and NAAM shown in *spinosissima*, together with its superiority over auxins at the lower temperatures encountered early in

Table. *The development of normal (self-pollinated) flowers of R. spinosissima and of emasculated buds treated with GA and NAAM*

Treatment	none	NAAM	GA	GA/NAAM
% fruit-set . . .	58·5	65·0	70·0	94·5
r^3 N at maturity .	7070	8130	9180	16140

the growing season[3]), are a further indication of its potential value as a fruit-setting agent.

Department of Botany, University College of North Wales, Bangor, Great Britain

G. A. D. Jackson and M. V. Prosser

Eingegangen am 24. März 1959

[1]) Luckwill, L. C.: Symposium No. XI of the Soc. for Exp. Biology 1957. — [2]) Prosser, M. V., and G. A. D. Jackson: 111th Conference of the S. E. B., April 1959. — [3]) Jackson, G. A. D., and M. V. Prosser: 109th Conference of the S. E. B., April 1958.

Die Wirkung von Gibberellinsäure auf Entwicklung, Stickstoff- und Nucleinsäure-Gehalt von *Streptocarpus Wendlandii*

Im Rahmen von Untersuchungen über die Physiologie der Blütenbildung bei *Streptocarpus Wendlandii* „München", einer unifoliaten Form, die während der Blühinduktion Kälte und Kurztag verlangt[1]), wurde versucht, die Wirkung der Kälte durch Gibberellinsäure-Phosphat (GS) zu ersetzen.

Methodik. Alle Versuchspflanzen wurden im natürlichen Winterkurztag im Gewächshaus gehalten. Serie A: im Dezember und Januar Vernalisation durch + 10°, davor und danach + 20°. Serie B: in den Monaten November bis März einschließlich mit einer Wochendosis von 200 γ GS besprüht, fortwährend + 20°. Serie C: unbehandelt, fortwährend + 20°. — Bestimmung des Ribose-(RNS) und des Desoxyribose-Nucleinsäure-Gehaltes (DNS) nach Extraktion mit $HClO_4$[2]) nach Allen[3]), Stickstoffbestimmungen nach Kjeldahl. Die chemischen Analysen wurden Anfang April durchgeführt, als sich bei den induzierten Exemplaren gerade die ersten Blüten öffneten. Zu den Analysen wurde nur das untere Blattviertel verwandt, das nach Stecklingsversuchen[1]) und Wuchsstoffbestimmungen[4]) bei Induktion und Infloreszenzbildung von besonderer Bedeutung ist.

Keine der mit GS behandelten Pflanzen legte eine Infloreszenz an (Fig. 1a). Von der 4. Woche der Behandlung an richteten sich die Blätter steil auf, was sonst nur im Anschluß an die Blühinduktion und nur vorübergehend beobachtet wurde. Die Blätter waren länger, die Spreiten schmaler als bei

a b

c

Fig. 1 a—c. Mit GS behandelte (a), vernalisierte (b) und unbehandelte (c) Streptocarpus-Exemplare zum Zeitpunkt der chemischen Analysen. Gleicher Abbildungsmaßstab

den anderen Serien. Das Frischgewicht näherte sich dem blühender Pflanzen (Fig. 1b) und war bedeutend höher als das der vegetativ gebliebenen, unbehandelten Pflanzen der Serie C (Fig. 1c).

Tabelle. *Analysen des basalen Blattviertels bei den Serien A, B, C.* Alle Zahlen bezogen auf 1 g Trockengewicht

	Blattspreite			Mittelrippe		
	A	B	C	A	B	C
Frischgewicht (g)	12,12	10,69	9,82	15,44	16,92	15,25
Gesamt-N (mg) .	17,83	9,63	16,34	14,28	9,83	13,08
Protein-N (mg) .	7,45	6,04	7,97	2,93	2,88	3,51
RNS-P (mg) . .	6,92	6,94	6,37	3,43	3,22	3,66
DNS-P (mg) . .	2,15	2,31	2,47			

Betrachtet man das basale Blattviertel für sich (Tabelle), so liegt auch hier das Frischgewicht zwischen dem der anderen Serien. Der Gesamt-Stickstoff- und in geringerem Maße der Proteingehalt sinken ab, während der Nucleinsäurespiegel unverändert bleibt. Die vernalisierten Pflanzen wachsen nach der Blühinduktion ebenfalls stark, weisen aber unter gleichen Kulturbedingungen keinen Abfall in einer der Stickstoff-Fraktionen auf. Das Abnehmen des N-Gehaltes in den GS-behandelten Pflanzen kann also nicht wie in anderen Fällen durch einen Nährstoffmangel im Außenmedium[5]) erklärt werden.

Von Interesse sind auch die Verhältnisse im basalen Viertel der Mittelrippe, die ja das wahrhaft tragende Element bei der Veränderung der Wuchsform ist. Besonders auffallend ist das hohe Frischgewicht der GS-behandelten Mittelrippen. GS senkt den Gesamt-N-Spiegel, der Protein- und RNS-Gehalt wird dagegen kaum beeinflußt (Tabelle).

Bei einer Varietät von *Arabidopsis* ließ sich zeigen, daß GS nicht mit „Vernalin" identisch sein kann, weil GS unter anderem die Kältewirkung nicht zu ersetzen vermag[6]). Zu

dem gleichen Ergebnis führten die Untersuchungen an *Streptocarpus*, obwohl GS in Konzentrationen angewandt wurde, die in anderen Fällen durchaus blühfördernd wirken[7]). Darüber hinaus erscheint es von Bedeutung, daß die in bezug auf die Blütenbildung negative GS-Wirkung mit einem gleichfalls negativen biochemischen Effekt verbunden ist, nämlich mit der Abnahme des Gesamt-Stickstoff-Gehaltes und der zu allen Syntheseleistungen notwendigen Proteinfraktion.

Herrn Professor Dr. F. OEHLKERS danke ich für seine Unterstützung.

Botanisches Institut der Universität, Freiburg i. Br.

DIETER HESS

Eingegangen am 30. April 1959

[1]) OEHLKERS, F.: Z. Naturforsch. 11b, 471 (1956). — [2]) HOLDEN, M.: Biochemic. J. 51, 433 (1952). — [3]) ALLEN, R. J. L.: Biochemic. J. 34, 858 (1940). — [4]) HESS, D.: Planta 50, 504 (1958). — [5]) STOWE, B. B., u. T. YAMAKI: Ann. Rev. Plant Physiol. 8, 181 (1957). — [6]) SARKAR, S.: Biol. Zbl. 77, 1 (1958). — [7]) LANG, A.: Proc. Nat. Acad. Sci. 43, 709 (1957).

Auslösung der Chloroplastendrehung bei *Mougeotia* durch UV-Strahlung

Bei *Mougeotia* kann die Drehung des Chloroplasten aus Profil- in Flächenstellung durch eine kurze Belichtung mit Hellrot (<700 mμ) induziert werden; die Induktion ist reversibel, sie kann durch nachfolgende Dunkelrotbestrahlung (>700 mμ) weitgehend unterdrückt werden[1]), es handelt sich um ein typisches Beispiel des bei Pflanzen weit verbreiteten Hellrot-Dunkelrot-Antagonismus. In weiteren Versuchen zeigte sich, daß auch langwellige UV-Strahlung die Chloroplastendrehung induzieren kann. Der Energiebedarf hierfür beträgt im Bereich zwischen 300 und 400 mμ ein Mehrfaches desjenigen bei 679 mμ[2]). Es ist nun von großem Interesse, ob eine Induktion mit UV in gleicher Weise durch anschließende Dunkelrotbestrahlung (DR) rückgängig gemacht werden kann wie eine Induktion mit Hellrot (HR).

Die Ergebnisse sind je nach den Versuchsbedingungen verschieden, stimmen aber alle darin überein, daß die Induktion durch UV nicht im gleichen Maße reversibel ist wie die durch HR. Die normalerweise verwendete DR-Bestrahlung (Interferenzfilter 717 oder 733 mμ bis zu 3 min) konnte nur die HR-, nicht aber die (etwa gleich stark gewählte) UV-Induktion rückgängig machen (Tabelle 1). Wurde dagegen unter Verzicht auf spektrale Reinheit die Intensität des DR erheblich erhöht, so war schließlich auch eine Wirkung auf die UV-Induktion zu erkennen, die jedoch niemals das Ausmaß der Wirkung auf die HR-Induktion erreichte (Fig. 1).

Tabelle 1. *Induktion der Chloroplastendrehung bei Mougeotia (Profil→Flächenstellung) durch HR oder UV und Induktionslöschung durch nachfolgende DR-Bestrahlung*

Auswertung 45 min nach Bestrahlung. Der Flächenwert gibt den Prozentsatz der Zellen an, in dem Flächenstellung eingetreten ist (Mittel aus 300 Zellen). HR und UV wie in Fig. 1, DR: 3 min 717 mμ, 750 erg/cm² sec.

Bestrahlung:	HR	HR-DR	DR	UV	UV-DR
Flächenwert:	66	20	20	56	57

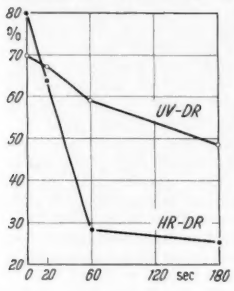


Fig. 1. Die induktionslöschende Wirkung dunkelroter Bestrahlung im Anschluß an eine Induktion der Chloroplastendrehung durch HR oder UV. *Abszisse:* Bestrahlungsdauer DR (λ>700 mμ, wirksame Strahlung etwa 3000 erg/cm² sec). *Ordinate:* Flächenwert (Mittel aus 300 Zellen). HR: 1 min, 679 mμ, 250 erg/cm² sec. UV: 1 min, 370 mμ 1000 erg/cm² sec. Dunkelpause zwischen erster und zweiter Bestrahlung etwa 25 sec

Um sicher zu gehen, daß es sich hier nicht bereits um eine unspezifische Schädigung durch Wärmestrahlen handelt, die ja im letztgenannten Falle nicht hinausgefiltert wurden, mußte wieder die Umkehrbarkeit der Vorgänge nachgewiesen werden. Tabelle 2 zeigt, daß die gleiche DR-Bestrahlung, *vor* UV oder HR geboten, die Wirkung dieser induzierenden Bestrahlungen nicht verringert.

Tabelle 2. *Die Wirkung dunkelroter Strahlung vor und nach einer Induktion der Chloroplastendrehung mit HR oder UV. HR, UV und DR wie in Fig. 1*

Induktion durch	Reaktion (45 min nach Bestrahlung)		
	Induktion allein	DR vor Induktion	DR nach Induktion
HR	82	79	42
UV	75	81	62

Die Befunde scheinen darauf hinzudeuten, daß die UV-Wirkung teilweise über ein anderes System als die HR-Wirkung gehen muß.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Botanisches Institut der Universität, Tübingen

WOLFGANG HAUPT, FRITZ MUGELE und DIETER MÜLLER

Eingegangen am 6. April 1959

[1]) HAUPT, W.: Naturwiss. 45, 273 (1958). — [2]) HAUPT, W.: Planta 1959 (im Druck).

High-Fat Diet and Mast Cell Count in Myocardium of some Teleosts

In continuation of our experiments concerning the mast cell system in the mesenterium of the guppy *Lebistes reticulatus* (PETERS), the swordtail *Xiphophorus helleri* HECKEL and the platyfish *Xiphophorus maculatus* GÜNTHER[1]) we studied this system in the myocardium of these species. CAIRNS and CONSTANTINIDES[2]),[3]) stated a much lower mast cell count in the myocardium of atherosclerotics than in controls of the same age. GRUNBAUM et al. observed a small, statistically insignificant decrease in mast cell count in the external ear tissue of rats fed on a high-fat diet[4]).

The present experiments were performed with healthy young males and females, which were kept in glass tanks with tap water at a temperature of 27 ± 1° C. Concerning the food, the animals were divided into six groups, viz. no food (I), Algae (II), *Enchytraeus* (III), low-fat diet (IV), high-fat diet (V) and high-fat diet with cholesterol (VI). The food of the fishes of groups IV, V and VI was isocaloric and corresponded as far as the caloric composition is concerned with the diet given by FODOR, FÁBRY and LOJDA[5]),[6]) to the Wistar rats. The growth curve of the animals, which was checked during the experiments, was a perfectly normal one. The material was fixed in SCHAFFER's solution (2 parts of 80% alcohol on one part of 40% formaldehyde). Staining was done by the standard method with toluidine blue[7]), thionine and methylene blue and supravitally with neutral red.

Table 1. *Count of the mast cells in the myocardium of guppies, swordtails and platyfishes maintained on diets with a varied fat content during a period of 66 days*

	Diet a)	Species b)	Animals c)		Aver. nr. of mast cells		S. D.	
			m.	fem.	male	fem.	male	fem.
I No food	—	L.r.	18	20	31·0	36·9	7·4	8·3
		X.h.	15	16	61·6	63·3	12·0	13·2
		X.m.	17	19	54·2	52·1	11·9	11·6
II Algae	—	L.r.	19	17	28·7	34·8	6·7	7·1
		X.h.	19	21	57·9	56·5	11·4	10·9
		X.m.	15	19	48·1	47·7	9·4	9·7
III Enchytraeus	—	L.r.	21	23	20·4	27·3	5·6	5·6
		X.h.	17	20	46·6	49·5	9·3	10·0
		X.m.	16	19	39·4	41·7	7·5	8·7
IV Low fat	A	L.r.	24	20	32·8	42·4	6·2	7·5
		X.h.	18	17	72·0	75·0	13·1	13·8
		X.m.	19	21	60·2	62·3	10·4	11·5
V High fat	B	L.r.	22	24	22·3	25·2	4·7	5·8
		X.h.	19	21	49·7	50·4	8·0	9·1
		X.m.	18	16	42·1	44·0	8·3	9·6
VI High fat + chol.	C	L.r.	23	19	10·3	17·2	1·2	3·3
		X.h.	22	24	30·4	28·8	4·1	5·7
		X.m.	19	21	26·1	28·8	3·8	4·3

a) Caloric composition of the diet: *A* 42 cal-% carbohydrate, 46 protein, 12 fat; *B* 7 cal-% carbohydrate, 13 protein, 80 fat; *C* 7 cal-% carbohydrate, 13 protein, 77 fat, 3 cholesterol. — b) L.r. Lebistes reticulatus; X.h. Xiphophorus helleri; X.m. Xiphophorus maculatus. — c) Number of animals (male and female).

For the determination of the counts of the mast cells from the myocardium of each fish according to the method formerly used by us[7],[8] specimens were taken[1], invariably from corresponding regions. The measurements were performed by means of an adapted ocular at a magnification of 200. In this way 30 square fields, each of 0·01575 sq. mm area, were examined. The mast cell counts, which are given in the table, are averages from one fish, i.e. the number of mast cells from 90 examined fields, 30 fields from each specimen. As this table shows, after a period of 66 days a significant decrease in the mast cell count in the myocardium was found in the fishes maintained on the high-fat diet containing cholesterol (Group VI).

A decrease was also noticed in the fishes maintained on *Enchytraeus* (Group III) and on the high-fat diet without the addition of cholesterol (Group V). The results obtained with the various fish species differed only insignificantly. The values of the myocardium mast cell counts in *Lebistes reticulatus*, *Xiphophorus helleri* and *Xiphophorus maculatus* are in good agreement with the corresponding values of the mesenterial mast cell count in the same fish species[1]) and in the Wistar rat[5],[6]).

The influence of a high-fat diet on the count of the mast cells of the myocardium is probably conditioned by a loading and an exhaustion of the secretory activity of the connective tissue cells.

Histological Laboratory, Free University, Amsterdam

A. Stolk

Eingegangen am 25. März 1959

[1]) Stolk, A.: Naturwiss. 46, 361 (1959). — [2]) Cairns, A., and P. Constantinides: Science 120, 105 (1954). — [3]) Constantinides, P.: Science 117, 505 (1953). — [4]) Grunbaum, B.W. et al.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 94, 613 (1957). — [5]) Fodor, J., and Z. Lojda: Physiol. Bohemoslov. 5, 275 (1956). — [6]) Fodor, J., P. Fábry and Z. Lojda: Experientia [Basel] 14, 184 (1958). — [7]) Pearse, A.E.G.: Histochemistry Theoretical and Applied. London: J. & A. Churchill Ltd. 1954.

Balanus improvisus (Darw) auf Gummi und Kunststoffen

Im Ryckfluß bei Greifswald, einem Brackgewässer unter Einfluß der Ostsee mit einem Salzgehalt von 0,5 bis 6‰ Cl, einem p_H-Wert = 7, einem Temperaturbereich von 0 bis 20° C und normalerweise mit Sauerstoffsättigung, ist das Vorkommen von *Balanus improvisus (B. i.)* in Krusten auf allen im Wasser befindlichen natürlichen und technischen Gegenständen eine alltägliche Erscheinung. Bei Untersuchungen über die Biologie von Bewuchsorganismen konnten Beobachtungen über das Vorkommen von *B. i.* an Gummi und Kunststoffen gemacht werden. Gummireifen werden im Küstengebiet sehr häufig als Fender benutzt. An Schiffsliegeplätzen werden sie, bis ins Wasser reichend, für längere Zeit aufgehängt. An solchen ausrangierten Autoreifen aus dem Ryck konnten mehrfach ausgewachsene Balaniden mit einem Basaldurchmesser von 12 bis 14 mm und einer Höhe von 8 mm festgestellt werden. Die Verbindung mit dem Gummi ist sehr fest, so daß die Basalplatten noch nach Zerstörung des Gehäuses absolut festhaften. Das gleiche gilt für einen im Wasser aufgefundenen Gummistiefel und einen Gummi-(Schweißer-) handschuh. Die Ansiedlung war nur auf schwarzem Gummi festzustellen, die Anheftung an rotem Gummi konnte bisher nicht bemerkt werden. Der Bewuchs erfolgte in Krusten, Gruppen oder Reihen.

Beobachtungen des Aufwuchses von *B. i.* an Kunststoffen ergaben sich im Verlauf mehrjähriger periodischer Untersuchungen sowie bei der Untersuchung von frischem Baggergut auf Aufspülungsflächen; sie könnten auch im Hinblick auf Kunststoffboote Bedeutung haben. So waren 1,5 m lange Perlonfäden von 0,8 bis 1 mm ⌀ regelmäßig im Abstand von einigen cm besiedelt. Die Balaniden sitzen in Längs- und Querrichtung zum Faden und bilden ihre Basalplatten entsprechend um; außerdem sitzen sie gelegentlich gegeneinander oder in Ringen. Die einzelnen Balaniden der Perlonfäden bleiben in ihrem Wachstum jedoch zurück. In Längsrichtung stehende werden 13 mm lang, 6 mm breit, 8 mm hoch; in Querrichtung stehende werden 10 mm lang, 8 mm breit und 8 mm hoch. Wesentlich intensiver war die Besiedlung geflochtener Leinen aus Perlonfasern. Leinen von 5 mm ⌀, die in der Zeit vom 3. 5. bis 12. 12. 58 in der Ryckmündung auslagen, waren durchweg so dicht besetzt, daß sie rundherum von einer zusammenhängenden Kruste überzogen waren und sehr bald einen ⌀ von 20 bis 25 mm und einen Umfang von 70 bis 80 mm bekamen. Die völlig umgebildeten Basalplatten ließen deutlich die Struktur der geflochtenen Leine erkennen. Gleich stark waren P.V.C.-Platten, P.V.C. (Vinoflex)-Anstriche und Decilithschildchen mit Krusten besiedelt. Die zusammenhängenden 10 bis 15 mm hohen Krusten haften äußerst fest und sind nur mit Anstrengungen mechanisch oder chemisch zu entfernen. Dabei wird zunächst das Gehäuse zerstört, während die Basalplatten fest haften bleiben. Veränderungen des Substrates, etwa Abdrücke von Basalplatten, wie man sie häufig auf älterem Holz oder auf weicheren Farben findet, kommen niemals vor.

Bemerkenswert ist auch, daß Vinoflex zu den wenigen Schiffsbodenfarben gehört, in die sich *B. i.* nicht hineinzieht. Die Kunststoffe werden ohne Verzögerung zur selben Zeit wie die natürlichen Substrate besiedelt. Zwischen dem Baggergut fand sich *B. i.* auf Kunststoffaktentaschen (Igelit) und Igelittischdecken.

Einzelheiten, besonders über das Formproblem, werden im Rahmen einer umfangreicheren Arbeit veröffentlicht.

Zoologisches Institut der Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald

H.-J. Subklew

Eingegangen am 18. April 1959

Untersuchungen am Saugakt von Aphis fabae Scop. mit ^{32}P

Viele Blattläuse zeigen besonders vor der Besiedlung neuer Wirtspflanzen ein Verhalten, das H. J. Müller als Probesaugen (engl.: probe, feeding puncture) bezeichnet hat[5],[2],[1]). Die Tiere setzen dabei ihr Labium senkrecht auf die Epidermis der Pflanze, verharren für kurze Zeit (zwischen 5 und 50 sec) auf der Stelle und laufen anschließend weiter. Der Vorgang kann sich mehrere Male wiederholen. Dabei werden besonders von Geflügelten sehr oft die Pflanzen gewechselt. Es sieht aus, als träfen die Läuse durch kurzfristiges Saugen eine gewisse Auswahl unter den Pflanzen. Zur Zeit läßt sich aber noch nicht sagen, ob und welche Bedeutung diesem Verhalten z. B. für die Wirtswahl zukommt. Es sollte mit Hilfe von ^{32}P geprüft werden, ob die Blattläuse bei diesem Probesaugen irgendwelche Stoffe aufnehmen.

Für die Versuche wurden 12 bis 15 Std vor Versuchsbeginn 12 bis 20 cm hohe abgeschnittene Jungpflanzen von Vicia faba L. in eine neutrale ^{32}P-Lösung (spez. Aktivität 16 mC/ml) eingestellt. Als Versuchstiere dienten ungeflügelte virginogene Jungfern der Schwarzen Bohnenlaus (*Aphis fabae* Scop.). Hundert Läuse wurden jeweils einzeln an eine radioaktive Pflanze gesetzt und nach dem ersten Probesaugstich unter dem GM-Zähler gemessen. Keine dieser Läuse war radioaktiv. Die Tiere hatten offensichtlich nicht gesaugt. Es wäre allerdings auch denkbar, daß bei einem einzelnen Probesaugstich zu wenig Substanz aufgenommen wird, um unter dem Zähler meßbare Werte zu ergeben. Deshalb wurden die Messungen an Läusen fortgeführt, die 5, 10 bzw. 15 Probesaugstiche gemacht hatten. Der Erfolg war der gleiche — keine Laus war radioaktiv geworden.

Es blieb also zu untersuchen, wie lange eine Laus eingestochen haben muß, um radioaktiv zu werden. Zu diesem Zweck wurden Tiere gemessen, die 5, 10, 15, 20, 30 min oder länger an einer Stelle gesessen und dabei zum Teil ins Gewebe eingestochen hatten. Die Ergebnisse waren unterschiedlich. Die kürzeste Zeit, die eine Laus gebraucht hatte, um radioaktiv zu werden, betrug 10 min, die längste bis zu mehreren Stunden. Im Durchschnitt waren die Tiere jedoch 25 bis 60 min nach dem Einstich radioaktiv. Viele Läuse verließen aber auch nach der gleichen Zeit von 10 bis 60 min ohne sichtbare Ursache die Einstichstellen wieder und waren dabei nicht radioaktiv geworden. Diese Tiere stachen dann oft an anderen Stellen erneut ein. Dabei war zu beobachten, daß sich Radioaktivität bei ihnen meistens erst dann nachweisen ließ, nachdem sie sich endgültig festgesetzt hatten. Solange sie die Einstichstellen noch wechselten, hatten sie in der Regel kein ^{32}P aufgenommen.

Daraus folgt, daß man aus der Zeitdauer des Einstiches nicht ersehen kann, ob und wie lange eine Blattlaus tatsächlich gesaugt hat. Die Versuche zeigen weiter, daß auch bei Einstichen von längerer Dauer nicht immer und sofort etwas aufgenommen wird. Die Läuse können offenbar nur dann etwas

aufnehmen, wenn sie bestimmte Stellen in der Pflanze angestochen haben. Damit deuten diese Versuche, ebenso wie schon frühere Untersuchungen anderer Autoren[3],[4]), darauf hin, daß das Phloem als alleinige Nahrungsquelle anzusehen ist.

Demzufolge kann also bei allen Einstichen, die das Phloem nicht erreichen, insbesondere bei den sog. Probesaugstichen, keine Substanz aufgesaugt werden. Der Begriff „Probesaugen" ist deshalb auf die einleitend beschriebene Verhaltensweise besser nicht mehr anzuwenden. Es muß allerdings noch geklärt werden, ob diesem charakteristischen Verhalten der Aphiden nicht doch noch in anderer Hinsicht Bedeutung bei der Wirtswahl zukommt.

Herrn Dr. K. Unger möchte ich für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Versuche herzlich danken.

Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin, Institut für Pflanzenzüchtung, Quedlinburg, Entomologische Abteilung

Eberhard Hennig

Eingegangen am 2. Mai 1959

[1]) Bradley, R. H. E.: Ann. Appl. Biol. **39**, 18 (1952). — [2]) Johnson, B.: Animal Behaviour **6**, 9 (1958). — [3]) Kennedy, J. S., u. T. E. Mittler: Nature [London] **171**, 528 (1953). — [4]) Mittler, T. E.: J. Exp. Biol. **34**, 334 (1957). — [5]) Müller, H. J.: Züchter **21**, 161 (1951).

Kern-Plasma-Relation und Unterschiede in der Eistruktur bei Drohne und Arbeiterin der Honigbiene (Apis mellifica)

Beim Insektenei kommt quantitativen Unterschieden in der Anordnung des Cytoplasmas eine besondere Bedeutung zu. Wie Schnetter[1]) zeigen konnte, läßt sich die zeitliche Folge der morphologischen Gestaltungen, die im Differenzierungszentrum[2]) anhebt und sich von hier aus einer Welle gleich nach vorn und hinten sowie nach beiden Seiten[3]) fortsetzt auf eine rein quantitative Abstufung der verschiedenen Cytoplasmasorten zurückführen.

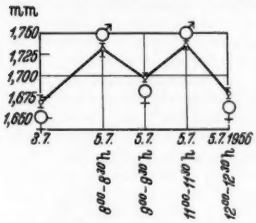


Fig. 1. Änderung der Eilängen-Mittelwerte lebender Arbeiterinnen und Drohneneier der Honigbiene im Alter von einer Stunde, nach Ablage in viermal unmittelbar hintereinander gewechselte Wabe. Für die einzelnen Kurvenpunkte ist die Streuung der Längenmasse (σ) dargestellt. Ordinate: Eilänge in µ. Abszisse: Zeitangabe für die Messungen

Ähnliche quantitativ erfaßbare Unterschiede ließen sich hinsichtlich der Eigröße, Eigestalt und im Cytoplasmasystem bei einer vergleichenden Betrachtung des haploiden Drohneneies und des diploiden Arbeiterinneneies der Honigbiene aufdecken. Wenn die Königin in einem Beobachtungsstock durch schnellen Wabenwechsel gezwungen wird, kurz hintereinander ♀-Eier und ♂-Eier zu legen, und diese im Alter von einer Stunde, in dem erstere zwar besamt sind, aber die zweite Reifungsteilung und die Befruchtung noch nicht vollzogen haben, lebend gemessen werden, so ergibt sich: Die ♂-Eier sind im Durchschnitt länger (Fig. 1). Ihr Volumen ist größer. Umgekehrt sind die ♀-Eier kleiner, außerdem besitzen sie ein festeres Chorion. Sie enthalten relativ mehr Plasma. Das Entoplasmanetz besteht aus dichteren Strängen, die Rinde ist stärker ausgeprägt, das sekundäre Keimhautblastem massiger. Die Dotterkugeln des ♀-Eies sind prall und rund, die des ♂-Eies mehr oder weniger runzelig (Fig. 2b, c). Auch in der Anordnung des Entoplasmas unterscheiden sich beide Eisorten: Fast stets befindet sich am Vorderende des ♂-Eies ein Entoplasmabezirk, in dem die Dotterkugeln kaum voneinander abgegrenzt erscheinen.

Innerhalb der Ovariolen des Ovariums ließen sich bisher Unterschiede an ♂- und ♀-Eiern nicht auffinden. Diese treten in der Zeit vom Verlassen der Ovariolen bis etwa eine Stunde nach der Eiablage auf. Das ♂-Ei zeigt — besonders an seinem Vorderende — nach der Eiablage in seiner Struktur mehr Anklänge an diejenige des Ovarialeies als das ♀-Ei (Fig. 2a, b). Ob alle genannten Unterschiede des Eisystems sich auf das in dieser Zeit stattfindende Eintreten des Spermiums in das Ei zurückführen lassen oder ob der Dziersonsche Modus der Geschlechtsbestimmung einen progam vorhandenen Unterschied der Eisysteme überlagert, ist zur Zeit noch nicht entschieden.

Fragt man nach der Auswirkung der quantitativen Cytoplasma-Unterschiede, so wird man zunächst im Einklang mit den Erfahrungen über das Differenzierungszentrum in ihnen eine der Ursachen sehen, durch die die Entwicklungsgeschwindigkeit des ♂-Eies hinter der des ♀-Eies zurückbleibt. Wie Fig. 3 dartut, hinkt das ♂-Ei (gestrichelte Linie) dem ♀-Ei (ausgezogene Linie) während des synchronen Abschnittes der Furchung bis zum 9. Teilungsschritt jeweils etwa um $^3/_4$ Std

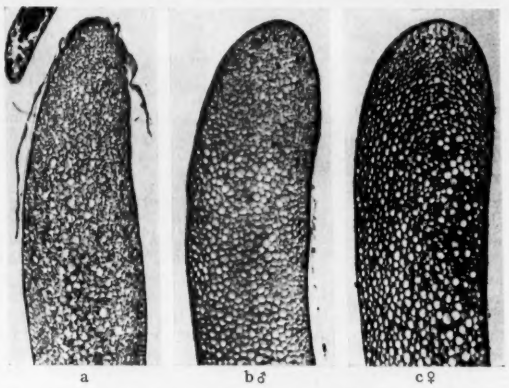


Fig. 2a—c. Längsschnitte durch die Vorderenden von Bieneneiern. a im Ovarium, b, c im Alter von 1 Std. Ventralseite links. Vergr. 125×. b Drohnenei: Unvollständige Ausbildung des Dotterentoplasmasystems, besonders am vorderen Eipol (oben). c Arbeiterinnenei: Gut abgerundete Dotterkugeln. Entoplasmanetz mit stärkeren Strängen

(35° C) nach. Erst im heterochronen Abschnitt überholt das ♂-Ei in der Kernanzahl das ♀-Ei und gelangt vor dem vorläufigen Erlöschen der Mitosen in ein Stadium, in dem es entsprechend seiner Haploidität fast die doppelte Kernanzahl gegenüber dem ♀-Ei enthält (1,8:1). Mit dieser vollzieht es die

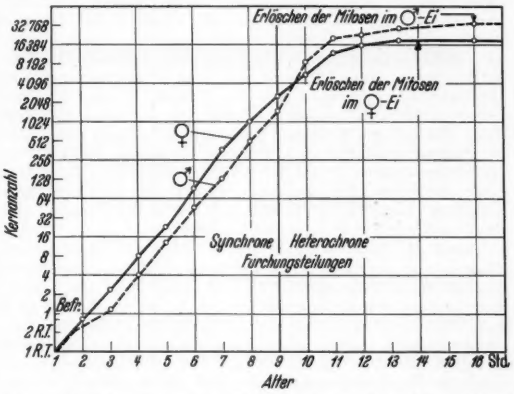


Fig. 3. Zeitlicher Verlauf der Furchung im Drohnenei (--------) und Arbeiterinnenei (———) der Honigbiene. Der Abschnitt heterochroner Teilung beginnt mit Einwanderung der Furchungskerne ins Blastoderm. Das sekundäre Keimhautblastem, beim ♂-Ei schwächer als beim ♀-Ei, legt sich nach Aufhören der Mitosen den Blastodermzellen an. Erst dann bilden sich die Zellgrenzen aus. Ordinate: Furchungsschritte mit Angabe der Kernanzahl. Abszisse: Zeit nach Eiablage in Stunden (Temperatur 35° C)

Bildung der Körpergrundgestalt. Die Entwicklungsgeschwindigkeit verlangsamt sich dabei weiterhin stetig, so daß die ♂-Larven mit $3^1/_2$ Tagen 10 Std später schlüpfen als die ♀-Larven. Wenn Boveri[4]) und Nachtsheim[5]) die von Boveri am Seeigelkeim entdeckte Auswirkung der Kern-Plasma-Relation auf die Zellanzahl vergeblich beim Bienenei suchten, so deshalb, weil während der synchronen Furchungs-

schritte das Eisystem der Insekten die Genom-Konstitution nicht zur Auswirkung kommen läßt. Das Insekten-Eisystem gehört demnach zu denen, die infolge einer festen plasmatischen Struktur erst dann auf die Veränderung des Chromosomensatzes reagieren können, wenn im Blastoderm sich Zellgrenzen bilden. Vom 2. Larvenstadium an werden in beiden Geschlechtern Kerne einzelner Gewebe polyploid[6]). Eine frühzeitige Angleichung an die nach der Kern-Plasma-Relation zu erwartenden Werte schon im synchronen Furchungsabschnitt könnte entweder beim ♂-Ei durch primäre Ausbildung eines dem ♀-Ei gegenüber plasmaarmen ♂-Eisystems angebahnt sein oder beim ♀-Ei durch Vermehrung des Plasmagehaltes infolge Spermieneinflusses geschehen oder auf beide Weise gleichzeitig. Gegenwärtige Untersuchungen versuchen diese Frage zu klären.

Zoologisches Institut der Universität, Marburg, a.d.Lahn
FRIEDRICH SEIDEL und ERNST REINHARDT

Eingegangen am 8. April 1959

[1]) SCHNETTER, M.: Z. Morphol. Ökol. Tiere **29**, 114 (1934). — [2]) SEIDEL, F.: Z. Morphol. Ökol. Tiere **1**, 429 (1924). — Roux Arch. Entw.-Mech. **131**, 135 (1934). — [3]) BOCK, E.: Z. Morphol. Ökol. Tiere **35**, 615 (1939). — [4]) BOVERI, TH.: Jenaische Z. Naturwiss. **39**, 445 (1905). — Roux Arch. Entw.-Mech. **41**, 264 (1915). — OEHNINGER, M.: Verh. physik. med. Ges. Würzburg **42**, 135 (1913). — [5]) NACHTSHEIM, H.: Arch. Zellforsch. **11**, 169 (1913). — [6]) RISLER, H.: Z. Zellforsch. **41**, 1 (1954).

Besprechungen

Van der Waerden, B. L.: Mathematische Statistik. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Bd. 87.) Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1957. IX, 360 S., 39 Abb. u. 13 Zahlentafeln. Gr.-8°. Gzl. DM 49.60.

Die Natur hat den Menschen nicht mit der Gabe ausgestattet, den Grad der Wahrscheinlichkeit zufälliger Ereignisse ohne weiteres zu beurteilen. Man betrachte z. B. Würfe mit einem einzelnen Würfel: Ist es seltener, daß man viermal hintereinander eine 6 wirft, oder daß 39mal hintereinander keine 6 erscheint? Oder einen Versuch an 20 Schulkindern: Eine Gruppe von 10 Kindern erhielt täglich Apfelsinensaft, die andere Gruppe Milch. Nach Beendigung des Versuchs waren die Kinder der ersten Gruppe im Durchschnitt um 2,9 Pfund schwerer, die der zweiten nur um 2,4 Pfund. Beweist dieser Unterschied etwas? Nun, zur Beantwortung solcher Fragen sind Wahrscheinlichkeitsrechnung und mathematische Statistik entwickelt worden, um den Zufall in allen seinen Erscheinungsformen zu untersuchen. (Übrigens: im ersten Beispiel ist die Antwort, daß beide Ereignisse etwa gleich selten sind; das zweite Beispiel steht im besprochenen Buch auf S. 123: die Antwort ist, daß die beobachtete Differenz dem Zufall zugeschrieben werden kann).

Das vorliegende Buch schließt sich der Auffassung der englischen und amerikanischen Statistiker an: es behandelt Beobachtungsergebnisse als zufällige Stichproben aus einer unbegrenzt gedachten Gesamtheit von Möglichkeiten. Die mathematischen Hilfsmittel, wie Beta- und Gammafunktion, Oberfläche der mehrdimensionalen Kugel, werden übersichtlich abgeleitet, und die wichtigsten Gebiete der Statistik werden ausführlich dargestellt und an Hand von Beispielen aus der Praxis erläutert: Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung im Anschluß an KOLMOGOROFF; typische Häufigkeits-Verteilungen; charakteristische Funktionen und Grenzwertsätze; Gaußsche Fehlertheorie und Students Test; Methode der kleinsten Quadrate; Schätzung unbekannter Parameter (Maximum Likelihood, Effizienz); Prüfung von Hypothesen durch Tests; Korrelation. Willkommen ist eine Liste englischer Fachausdrücke mit ihren Übersetzungen. Sorgfältig ausgewählte Tafeln (19 Seiten) beschließen das Buch und machen es zu einem Vademekum.

Nach der Lektüre dieses Buches wird man weniger anfällig sein gegen falsche Einschätzung zufälliger Ereignisse. Freilich macht eine solche Schutzimpfung nicht alle Individuen in gleichem Maße resistent: Die Erfolgsaussichten sind wohl etwa so verteilt wie der vielgerühmte „gesunde Menschenverstand". Gefährlicher als völlige Naivität ist es, wenn Halbgebildete die beliebten Tests auf Fälle anwenden, in denen die Voraussetzungen dafür (z. B. die statistische Unabhängigkeit der Einzelwerte!) nicht gegeben sind: die Berufung auf den angeblich bestandenen Test erweckt dann schlecht angebrachtes Vertrauen. So trivial es klingt, aber man kann nicht oft genug darauf hinweisen, daß Unsinn nicht dadurch veredelt wird, daß man ihn einer Laplace-Transformation unterwirft oder durch eine elektronische Rechenmaschine jagt.

Der Hauptwert dieses Buches liegt wohl darin, daß es die den Tests zugrundeliegenden Annahmen klar herausstellt. Besonders dankbar darf man dem Verf. dafür sein, daß er, als Mathematiker von Rang, seine Fachkenntnis nur dazu verwendet, den mathematischen Apparat so durchsichtig wie möglich zu gestalten, unter weiser Beschränkung auf das wirklich Notwendige. Wenn man noch einen Wunsch äußern dürfte, so wäre es der, den mehr oder weniger braven Muster-Beispielen eine Reihe von naheliegenden, aber falschen Anwendungen und Fehlschlüssen gegenüber zu stellen, damit der Leser dagegen immunisiert wird.

Ein weiter Bereich von Physikern, Chemikern, Ingenieuren, Biologen, Volkswirtschaftlern usw. kommt ständig in Berührung mit statistischen Fragen. In allen diesen Kreisen möchte man dem Buche, als einer „Hohen Schule des Zufalls", weiteste Verbreitung wünschen.

J. BARTELS (Göttingen)

Herzog, W.: Oszillatoren mit Schwingkristallen. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1958. 317 S., 284 Abb. Gr.-8°. Gzl. DM 45.—.

Schwingkristalle werden seit langer Zeit in Oszillatorschaltungen verwendet, wenn hohe Frequenzkonstanz erforderlich ist. Die üblichen Anforderungen in bezug auf die Frequenzkonstanz ließen sich mit wenigen bekannten Schaltungen mühelos erfüllen. Die jüngste Entwicklung in der Genauigkeit von Frequenz- und Zeitmessungen und die Konkurrenz der Atomuhr ließen jedoch neue Anforderungen entstehen, die zu leistungsfähigeren Schaltungen mit Schwingkristallen führten. Es ist daher sehr zu begrüßen, daß der Autor der bekannten „Siebschaltungen mit Schwingkristallen" es unternommen hat, mit Unterstützung von H. LUEG (der das Kapitel über das Nyquist-Theorem verfaßte) in dem vorliegenden Werk eine zusammenfassende Darstellung aller Fragen zu geben, die beim Aufbau von Oszillatorschaltungen mit Schwingkristallen auftreten.

Die Kristalleigenschaften selbst werden in dem Buch als gegeben angesehen und einleitend nur diejenigen kurz aufgeführt, die für den vorliegenden Zweck von Bedeutung sind. Der Verfasser behandelt dann aber ausführlich die Theorie der Oszillatoren, die durch vierpoltheoretische Betrachtungen und die Theorie des Nyquist-Theorems ergänzt wird. Der Frequenzkonstanz, als praktisch bedeutungsvollster Eigenschaft eines Oszillators, ist ein besonderer Abschnitt gewidmet. Einen wesentlichen Teil des Buches nimmt die Zusammenstellung der wichtigsten Oszillator-Schaltungen sowohl mit Elektronenröhren als auch mit Transistoren ein. Hier findet man Oszillator-Schaltungen für jeden besonderen Zweck. Die letzten beiden, kleineren Kapitel des Buches behandeln die Veränderbarkeit der Frequenz von Kristalloszillatoren und die speziellen Schaltungen und Eigenschaften der Kristall- und Atomuhren. Ein Literatur- und ein Stichwortverzeichnis ergänzen das Buch, das mit einer großen Anzahl von Diagrammen und Schaltskizzen in der bekannten guten Ausführung des Springer-Verlages ausgestattet ist.

Das vorliegende Werk bietet also sowohl dem Theoretiker als auch dem Praktiker eine Fülle von Einzelheiten. Bauanleitungen fehlen jedoch, sie würden den Rahmen des Buches überschreiten. Für denjenigen, der es als Nachschlagewerk benutzen will, stellt die Tatsache, daß alle Kapitel selbständige geschlossene Einheiten sind, einen besonderen Vorteil dar. Nur selten ist es notwendig, auf Formeln anderer Kapitel zurückzugreifen. Die klare Darstellung und die übersichtliche Einteilung sowie das Eingehen auf grundsätzliche Dinge, wie z. B. die komplexe Darstellung elektrischer Wechselstromgrößen, machen das Buch auch für Studierende zu einer wertvollen Informationsquelle. Es sei allen Interessenten bestens empfohlen.

K. TAMM (Göttingen)

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin-Wilmersdorf, Heidelberger Platz 3. — Springer-Verlag OHG, Berlin-Göttingen-Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany

HOPPE-SEYLER/THIERFELDER

Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse

für Ärzte, Biologen und Chemiker

Zehnte Auflage herausgegeben von Professor Dr. Dr. K. LANG, Direktor des Physiologisch-Chemischen Instituts der Universität Mainz, und Professor Dr. E. LEHNARTZ, Direktor des Physiologisch-Chemischen Instituts der Universität Münster i. W., unter Mitarbeit von Professor Dr. GÜNTHER SIEBERT, Mainz. In 6 Bänden.

Im Sommer 1959 wird erscheinen:

Vierter Band:

Bausteine des Tierkörpers II

In zwei Bandteilen, die nur zusammen abgegeben werden. Mit 309 Abbildungen. Etwa 1800 Seiten 4°. 1959

Vorbestellpreis gültig bis zum Erscheinen Moleskin DM 478.40

Endgültiger Ladenpreis nach Erscheinen Moleskin DM 598.—

Bei Verpflichtung zur Abnahme des gesamten Handbuches gilt der Vorbestellpreis auch nach Erscheinen des Bandes weiter als Subskriptionspreis

SPRINGER-VERLAG

BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

aus JENA

Verlangen Sie bitte Druckschriften unter 30/01 „NgoB"

Mikroskop NgoB

eingebaute Beleuchtung
koaxialer Grob- und Feintrieb
Tisch- und Kondensorschnellwechsel
monokulare und binokulare Betrachtung
achromatische, apochromatische und planachromatische Objektive mit Präparateschutz

JENOPTIK JENA G.m.b.H., Jena

Auslieferung für die Bundesrepublik

Werner Jähnert, Göttingen,

Generalvertretung der optischen Werke JENA

Besuchen Sie die LEIPZIGER HERBSTMESSE vom 30. 8.–6. 9. 1959

Landolt-Börnstein

ZAHLENWERTE UND FUNKTIONEN

aus Physik, Chemie, Astronomie, Geophysik und Technik

Unter vorbereitender Mitwirkung von J. D'Ans · A. Eucken † · G. Joos · W. A. Roth † · Herausgegeben von J. Bartels · P. ten Bruggencate · H. Hausen · K. H. Hellwege · Kl. Schäfer · E. Schmidt.

In vier Bänden · Sechste Auflage.

Soeben erschien:

Zweiter Band:

Eigenschaften der Materie in ihren Aggregatzuständen In 9 Teilen.

Sechster Teil **Elektrische Eigenschaften I**

Bearbeitet von R. Bechmann · R. Doll · A. W. Fink · E. Gast · Th. Gast · G. Heiland · F. Hulliger · R. Jaggi · W. Jost · W. Kluge · R. Kollath · W. Maier · W. Meissner · E. Mollwo · M. Näbauer · J. Nyström · F. Schmeissner · H. Stuart · E. Truscheit · H. G. Wagner · H. Weiss · K. Weiss · H. Welker.

Herausgegeben von K. H. Hellwege und A. M. Hellwege.

Mit 1777 Abbildungen. XVI, 1018 Seiten 4°. 1959. In Moleskin gebunden DM 448.—

INHALTSÜBERSICHT:

Elektrische Leitfähigkeit von Metallen und festen Ionenleitern. Metallische Leiter. Ionenleitung in Kristallen. Überführungszahlen in festen Stoffen.

Halbleiter. Konstanten der homogenen Halbleiter (Kenngrößen des Bändermodells, Leitfähigkeit, Hall-Koeffizient, Thermospannung) und Konstanten des Transistor-Effektes und der Grenzschichten. Lichtelektrische Leitung (Photoleitung).

Die elastischen, piezoelektrischen und dielektrischen Konstanten von piezoelektrischen Kristallen. Übersicht über die piezoelektrischen Kristalle und die gemessenen Konstanten. Elastische Konstanten. Piezoelektrische Konstanten. Dielektrische Konstanten.

Dielektrische Eigenschaften. Erläuterungen. Dielektrische Eigenschaften von Kristallen und kristallinen Festkörpern, von Gläsern, von Kunststoffen, von kristallinen Flüssigkeiten, von reinen Flüssigkeiten, von wäßrigen Lösungen, von nichtwäßrigen Lösungen anorganischer und organischer Verbindungen, von Gasen.

Thermogalvanische und andere Auslöse-Effekte. Glühemission und Austrittsarbeiten. Thermospannungen. Peltier-Wärme. Thomson-Wärme. Photoemission (Photokathoden). Sekundärelektronen-Emission fester Körper.

SPRINGER-VERLAG · BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG